

【外国語明細書】

1. Title of Invention

MECHANISMS FOR CONTROL KNOBS AND OTHER INTERFACE DEVICES

2. Claims

(1) A knob controller device comprising:

a knob rotatable in a rotary degree of freedom about an axis extending through said knob, said knob also moveable in a lateral plane approximately perpendicular to said axis;

a mechanism providing a particular lateral direction to said movement of said knob in said lateral plane, said predetermined lateral direction being one of a plurality of predetermined lateral directions in said lateral plane allowed by said mechanism, wherein said mechanism includes a gate member and a plunger member, said plunger member engaging one side of said gate member;

a rotational sensor that detects a position of said knob in said rotary degree of freedom; and

a lateral sensor operative to detect a position of said knob in said particular lateral direction.

(2) A knob controller device as recited in claim 1 wherein said gate member includes a plurality of grooves, each of said grooves corresponding with one of said predetermined lateral directions, wherein said plunger member engages one of said grooves.

(3) A knob controller device as recited in claim 1 wherein one of said gate member and said plunger member is grounded, and the other of said gate member and said plunger member is coupled to said knob.

(4) A knob controller device as recited in claim 2 wherein said gate member and said plunger member are a first gate member and a first plunger member and are positioned offset from said axis extending through said knob, and wherein said mechanism further comprises a second gate member and a second plunger member positioned on a different side of said axis than said first gate member and said first plunger member.

(5) A knob controller device as recited in claim 4 wherein said second gate member is provided with an approximately conical, non-grooved surface to engage said second plunger member.

(6) A knob controller device as recited in claim 1 wherein said plurality of predetermined lateral directions are true lateral directions in which said knob moves linearly and does not pivot.

(7) A knob controller device as recited in claim 1 wherein said knob can be moved linearly along said axis of rotation, and further comprising a sensor for detecting motion of said knob along said axis of rotation.

(8) A knob controller device as recited in claim 7 further comprising an actuator coupled to said knob and operative to output a force in said rotary degree of freedom about said axis.

(9) A knob controller device comprising:

a knob rotatable in a rotary degree of freedom about an axis extending through said knob, said knob also moveable in a lateral plane approximately perpendicular to said axis;

a mechanism providing a particular lateral direction to said movement of said knob in said lateral plane, said predetermined lateral direction being one of a plurality of predetermined lateral directions in said lateral plane allowed by said mechanism, wherein said mechanism includes two slider members engaged to slide transversely with respect to each other and allow said movement in said lateral plane;

a rotational sensor that detects a position of said knob in said rotary degree of freedom; and

a lateral sensor operative to detect a position of said knob in said particular lateral direction.

(10) A knob controller device as recited in claim 9 wherein said two slider members include a plurality of keys and slots, wherein said keys engage with said slots to allow one of said sliders to move in a first lateral degree of freedom and the other of said sliders to move in a second lateral degree of freedom.

(11) A knob controller device as recited in claim 9 wherein said mechanism includes a gate member and a plunger member, said plunger member engaging one side of said gate member.

(12) A haptic controller device comprising:

a user manipulandum rotatable in a rotary degree of freedom about an axis of rotation extending through said manipulandum, said manipulandum also moveable linearly along said axis of rotation;

a rotational sensor that detects a position of said manipulandum in said rotary degree of freedom;

an actuator coupled to said manipulandum and operative to output a force in said rotary degree of freedom about said axis, wherein said actuator includes a shaft that is coaxial with said axis of rotation, and wherein said shaft can be moved linearly along said axis of rotation to accommodate said linear motion of said manipulandum; and

a sensor for detecting said linear motion of said manipulandum along said axis of rotation.

(13) A haptic controller device as recited in claim 12 wherein said shaft of said actuator is rigidly coupled to a rotor of said actuator such that said rotor and said shaft can concurrently move linearly along said axis of rotation, and wherein a stator of said actuator is grounded.

(14) A haptic controller device as recited in claim 12 wherein magnets of said stator extend to a length greater than a length of an armature of said rotor, such that said armature is always completely within a magnetic field of said magnets regardless of a position of said shaft along said axis of rotation.

(15) A haptic controller device as recited in claim 13 wherein commutator bars of said actuator are a greater length than necessary if said shaft did not move, such that brushes of said actuator are in continuous contact with said commutator bars regardless of a position of said shaft along said axis of rotation.

(16) A haptic controller device as recited in claim 12 wherein said actuator is a DC brush-type motor.

(17) A rotary actuator allowing axial translation, the actuator comprising:

a stator including a housing and a plurality of magnets; and

a rotor able to rotate within said housing about an axis of rotation and operative to translate along said axis of rotation with respect to said stator.

(18) A rotary actuator as recited in claim 17 wherein said rotor includes:

an armature operative to rotate within said housing; and

a shaft coaxial with said axis of rotation and coupled to said armature and rotating with said armature, wherein said shaft and said armature can translate along said axis of rotation.

(19) A control device comprising:

a manipulandum to be physically contacted and manipulated by a user, said manipulandum able to be rotated about an axis of rotation and translated along said axis of rotation;

a sensor for detecting said rotation of said manipulandum; and

a gear assembly including two interlocked gears, wherein said gears transmit said rotational motion from said knob to said sensor, and wherein said interlocked gears translate with respect to each other when said knob is translated.

(20) A control device as recited in claim 19 further comprising an actuator that outputs a rotational force on said knob.

(21) A control device as recited in claim 19 wherein said rotation is used to input a variable first signal to an electronic device to manipulate a parameter or function of said electronic device, and wherein said translation is used to input a second signal to an electronic device to manipulate a parameter or function of said electronic device, and further comprising a sensor which can detect at least one position of said knob in said translatory degree of freedom.

3. Background of the Invention

This invention relates generally to knob control devices, and more particularly to control knob devices including force feedback and/or additional input functionality.

Control knobs are used for a variety of different functions on many different types of devices. Often, rotary control knobs offer a degree of control to a user that is not matched in other forms of control devices, such as button or switch controls. For example, many users prefer to use a rotating control knob to adjust the volume of audio output from a stereo or other sound output device, since the knob allows both fine and coarse adjustment of volume with relative ease, especially compared to button controls. Both rotary and linear (slider) knobs are used on a variety of other types of devices, such as kitchen and other home appliances, video editing/playback devices, remote controls, televisions, computer interface controllers, etc. There are also many types of knobs that allow push-in or pull-out functionality to allow the user additional control over a device.

Some control knobs have been provided with force (kinesthetic) feedback or tactile feedback, which is collectively referred to herein as "haptic feedback." Haptic feedback devices can provide physical sensations to the user manipulating the knob. Typically, a motor is coupled to the knob and is connected to a controller such as a microprocessor. The microprocessor receives knob position and direction signals from the knob sensor and sends appropriate force feedback control signals to the motor so that the motor provides forces on the knob. In this manner, a variety of programmable feel sensations can be output on the knob, such as detents, spring forces, or the like.

One problem occurring in control knobs of the prior art is that the knobs are limited to basic rotary and/or push-pull motion. This limits the control options of the user to a simple device that does not allow a variety of selection options. Most mechanical knobs have a very limited feel, i.e., they do not have the ability to feel different depending on the interface context. In addition, if force feedback is provided on the knob, the limited control functionality of the knob limits the user from fully taking advantage of the force feedback to provide more control over desired functions. Furthermore, many of the well-known force feedback sensations are inadequate for dealing with some of the selection functions required from a knob, where often complex control over functions and options must be provided with limited knob motion.

4. Summary of the Invention

The present invention provides a knob control interface that allows a user to control functions of a device in a variety of ways. Embodiments of the knob controller include mechanisms allowing additional degrees of freedom for the knob.

More particularly, in one embodiment a knob controller device of the present invention includes a knob rotatable in a rotary degree of freedom about an axis extending through the knob. The knob is also moveable in a lateral plane approximately perpendicular to the axis. A mechanism provides a particular lateral direction to the movement of the knob in the lateral plane. The mechanism can include a gate member and a plunger member. The plunger member engages one side of the gate member to provide the particular lateral direction. The mechanism can also include two slider members engaged to slide transversely with respect to each other and allow the movement in the lateral plane. A rotational sensor detects a position of the knob in the rotary degree of freedom and a lateral sensor detects a position of the knob in the particular lateral direction. Preferably, the gate member includes a plurality of grooves, each of the grooves corresponding with one of the predetermined lateral directions, where the plunger member engages one of the grooves. In some embodiments, the gate and plunger members are positioned offset from the axis extending through the knob, and second gate and plunger members can be positioned on a different side of the axis, providing additional stability. In preferred embodiments, an actuator is coupled to the knob and outputs a force in the rotary degree of freedom about the axis.

Another embodiment of the present invention provides a novel actuator, or a device including such. A device including a user manipulandum, such as a knob, rotatable in a rotary degree of freedom about an axis of rotation and moveable linearly along the axis of rotation. An actuator coupled to the manipulandum outputs a force in the rotary degree of freedom about the axis, where the actuator includes a shaft that is coaxial with the axis of rotation. The shaft of the actuator can be moved linearly along the axis of rotation to accommodate the linear motion of the manipulandum. A rotational sensor detects a rotary position of the manipulandum and a sensor detects the linear motion

of the manipulandum along the axis of rotation. The shaft of the actuator can be rigidly coupled to a rotor of the actuator such that the rotor and shaft can concurrently move linearly along the axis of rotation, where a stator of the actuator is grounded. Magnets of the stator can be extended to a length greater than a length of an armature of the rotor and commutator bars of the actuator can also be made a greater length to accommodate shaft translation.

In another embodiment of the present invention, a control device includes a manipulandum, such as a knob, to be physically contacted and manipulated by a user, the manipulandum able to be rotated about an axis of rotation and translated along the axis of rotation. A sensor detects the rotation of the manipulandum, and a gear assembly including two interlocked gears. The gears transmit the rotational motion from the knob to the sensor, and the interlocked gears translate with respect to each other when the knob is translated. An actuator can be included in the device to output a rotational force on the knob.

The present invention provides a control interface device that includes greater control functionality for the user. The linear and transverse degrees of freedom of the knob allow the user to select functions, settings, modes, or options with much greater ease and without having to take his or her hand off a manipulandum such as a knob. Force feedback may also be added to the manipulandum to provide the user with greater control and to inform the user of options and selections through the sense of touch. Actuator and transmission innovations allow the manipulandum to be moved in the additional degrees of freedom, and provide little play and friction, thus enhancing the force feedback embodiments of the present invention.

These and other advantages of the present invention will become apparent to those skilled in the art upon a reading of the following specification of the invention and a study of the several figures of the drawing.

5. Detailed Description of Preferred Embodiments

FIGURE 1 is a perspective view of an example of a control panel 12 for an electronic device, the control panel including a control knob of the present invention. The control knob is manipulated by the user to control various functions of the device. In the described embodiment, the device is a controller for various automobile systems, e.g., a controller that controls audio output functions from speakers that are connected to the device, environmental functions for the automobile (air conditioning, heat, etc.), mechanical functions for adjusting and moving automobile components (mirrors, seats, sunroof, etc.), visual functions that can be used within the automobile (map display, vehicle status display, menu or list selection, web page display and navigation, etc.), and other functions, such as a security or alarm system for the automobile. For example, a common function of the device is to play sound from one or more media or signals, such as cassette tapes, digital audio transmission (DAT) tapes, compact discs (CD's) or other optical discs, or radio or other signals transmitted through the air from a broadcasting station or wireless network link. The device can include the ability to display information from and/or influence such other systems in a vehicle.

Alternatively, the controlled device can be a variety of other electronic or computer devices. For example, the device can be a home appliance such as a television set, a microwave oven or other kitchen appliances, a washer or dryer, a home stereo component or system, a home computer, personal digital assistant, cellular phone, a set top box for a television, a video game console, a remote control for any device, a controller or interface device for a personal computer or console games, a home automation system (to control such devices as lights, garage doors, locks, appliances, etc.), a telephone, photocopier, control device for remotely-controlled devices such as model vehicles, toys, a video or film editing or playback system, etc. The device can be physically coupled to the control panel 12, or the panel 12 can be physically remote from the device and communicate with the device using signals transferred through wires, cables, wireless transmitter/receiver, etc. The device can be used in an environment such as a vehicle, home, office, laboratory, arcade, hospital, or other setting.

The control panel 12 is accessible by the user to manipulate the functions of the controlled device. Panel 12 can be mounted, for example, on the interior of a vehicle, such as on or below the dashboard, on the center console of the automobile, or in some other convenient area. Alternatively, the panel 12 can be the surface of the external housing of the controlled device itself, such as a stereo unit.

A display 14 can be coupled to the controlled device and/or panel 12 to show information to the user regarding the controlled device or system and/or other systems connected to the device. For example, options or modes 20 can be displayed to indicate which function(s) of the device are

currently selected and being adjusted through manipulation of the knob. Such options can include "audio," "map," "Internet," "telephone," power, etc., and selection of one mode can lead to a menu of sub-modes. Other information 22, such as the current audio volume, audio balance, radio frequency of a radio tuner, etc., can also be displayed. Furthermore, any information related to additional functionality of the device can also be displayed, such as a list 24 of items from which the user can select by manipulating the control panel 12. In some embodiments, a map or similar graphical display can be shown on display 14 to allow the user to navigate the vehicle. In other embodiments, display 14 can be a separate monitor displaying a graphical user interface or other graphical environment as controlled by a host computer. Display 14 can be any suitable display device, such as an LED display, LCD display, gas plasma display, CRT, or other device. In some embodiments, display 14 can include a touch-sensitive surface to allow a user to "touch" displayed images directly on the surface of the display 14 to select those images and an associated setting or function.

Control knob 26 allows the user to directly manipulate functions and settings of the device. Knob 26, in the described embodiment, is approximately a cylindrical object engageable by the user. The knob 26 can alternatively be implemented as a variety of different objects, including conical shapes, spherical shapes, dials, cubical shapes, rods, etc., and may have a variety of different textures on their surfaces, including bumps, lines, or other grips, or projections or members extending from the circumferential surface. In addition, any of variety of differently-sized knobs can be provided; for example, if high-magnitude forces are output on the knob, a larger-diameter cylindrical knob is often easier for a user to interface with device. In the described embodiment, knob 26 rotates in a single rotary degree of freedom about an axis extending out of the knob, such as axis A, as shown by arrow 28. The user preferably grips or contacts the circumferential surface 30 of the knob 26 and rotates it a desired amount. Force feedback can be provided in this rotary degree of freedom in some embodiments, as described in greater detail below. Multiple knobs 26 can be provided on panel 12 in alternate embodiments, each knob providing different or similar control functionality.

Furthermore, the control knob 26 of the present invention allow additional control functionality for the user. The knob 26 is preferably able to be moved by the user in one or more directions in a plane approximately perpendicular (orthogonal) to the axis A of rotation ("transverse" or "lateral" motion). This lateral motion is indicated by arrows 32. For example, the knob 26 can be moved in the four orthogonal and four diagonal directions shown, or may be moveable in less or more directions in other embodiments, e.g. only two of the directions shown, etc. In one embodiment, each lateral direction of the knob is spring loaded such that, after being moved in a direction 32 and once the user releases or stops exerting sufficient force on the knob, the knob will move back to its centered rest position. In other embodiments, the knob can be provided without such a spring bias so that the knob 26 stays in any position to which it is moved until the user actively moves it to a new position.

This lateral motion of knob 26 can allow the user to select additional settings or functions of the controlled device. In some embodiments, the additional control options provided by knob 26 allow the number of other buttons and other controls to be reduced, since the functions normally assigned to these buttons can be assigned to the knob 26. For example, the user can move a cursor 34 or other visual indicator on display 14 (e.g. pointer, selection box, arrow, or highlighting of selected text/image) to a desired selection on the display.

Besides such a cursor positioning mode, the lateral motion of knob 26 can also directly control values or magnitudes of settings. For example, the left motion of knob 26 can decrease a radio station frequency value or adjust the volume level, where the value can decrease at a predetermined rate if the user continually holds the knob 26 in the left direction. The right motion of the knob 26 can similarly increase a value. In another example, once one of the information settings is selected, a sub menu can be displayed and the directions 32 of knob 26 can adjust air temperature, a timer, a cursor on a displayed map, etc.

In another implementation, each of eight directions corresponds to a sub-menu category, and each lateral direction is only used for new menu selection, while knob rotation is used for selecting options within the selected menu. For example, categories such as "audio", "map", "temperature" and "cellular phone" can be provided in an automobile context and assigned to the lateral directions. Once the knob is moved in one of the lateral directions, the sub-menu category is selected and, for example, the knob can be rotated to move a cursor through a list, select a function and adjust a value, etc. Other control schemes can also be used. In one embodiment, the knob can travel a small distance laterally from the center position in each of the eight directions. Other travel distances can be implemented in other embodiments.

Different modes can also be implemented; for example, the default mode allows the user to control cursor 34 using the directions 32 of the knob. Once the cursor is located at a desired setting, such as the volume setting, the user can switch the mode to allow the directions 32 to control the setting itself, such as adjusting the value. To switch modes, any suitable control can be used. For example, the user can push the knob 26 to select the mode (described below). In other embodiments, the user can push a separate button to toggle a mode, or some or all of the directions 32 can be used to select modes. For example, the down direction might switch to "volume" mode to allow the user to rotate the knob to adjust volume; the up direction can switch to "adjust radio frequency" mode, and the left direction can switch to "balance" mode (for adjusting the speaker stereo balance for audio output with rotation of knob 26).

In addition, the control knob 26 are preferably able to be pushed (and/or pulled) in a degree of freedom along axis A (or approximately parallel to axis A) and this motion is sensed by an axial switch or sensor. This provides the user with additional ways to select functions or settings without having to remove his or her grip from the knob. For example, in one preferred embodiment, the user

can move cursor 34 or other indicator on the display 14 using the transverse directions 32 or rotation of the knob 26; when the cursor has been moved to a desired setting or area on the display, the user can push the knob 26 to select the desired setting, much like a mouse button selects an icon in a graphical user interface of a computer. Or, the push or pull function can be useful to control the modes discussed above, since the user can simply push the knob and rotate or move the knob while it is in the pushed mode, then release or move back the knob to select the other mode. The modes discussed above can also be toggled by pushing or pulling the knob 26. The push and/or pull functionality of the knob 26 can be provided with a spring return bias, so that the knob returns to its rest position after the user releases the knob. Alternatively, the knob can be implemented to remain at a pushed or pulled position until the user actively moves the knob to a new position.

The knob 26 is preferably provided with force feedback in at least the rotary degree of freedom of the knob. One goal of the tactile knob interface described herein is to allow the user to intuitively control several interface modes with a single haptic knob. That is, by adjusting the feel of the knob to clearly correspond to the context of the user interface, users may more easily navigate through complex menus and modes. For example, some interface modes may have the tactile feel of detents, while other modes may have the spring centered feel of a jog-shuttle. By providing familiar haptic metaphors, this variable feedback affords a cleaner, richer user experience. The actuator used is preferably designed to provide maximum torque while taking into consideration the voltage and current limitations of the power electronics and amplifiers driving the actuator.

Additional control buttons (not shown) or other control devices may also be provided on the panel 12 to allow the user to select different functions or settings of the device, including dials, knobs, linear slider knobs, hat switches, etc. Such additional controls may also be used in conjunction with the control knob 26 to provide additional selection and adjustment functionality.

One embodiment of the present invention provides any of the implementations of the haptic knob described herein in conjunction with voice recognition and command functionality. Voice recognition/interpretation software/firmware can run on one or more processors of the device or interface, as is well known to those of skill in the art. Some types of functions can be very well suited for control with a combination of voice and haptic-enhanced touch. For example, a mode, such as audio mode, temperature control mode, etc., can be selected with voice. Then, however, the user can use the haptic knob to adjust a value of a function, such as a radio volume, a temperature setting, etc. This embodiment acknowledges that some selections or adjustments are easier to make with voice, while others are typically easier to make using a manual control. In addition, such an embodiment can optimize control over a device while diverting a user's attention from other tasks, such as driving, by a very small amount.

The sensor used for the knob has two primary purposes: to provide position and direction information (and, in some embodiments, velocity and/or acceleration information) to a local or host

processor in order to create realistic haptic effects (for those effects that are position based); and to communicate knob position information to the host computer or processor for selections and manipulation in the host-implemented environment. The haptic effects perform best when a high resolution sensor is used, e.g. at least 1000 counts per full rotation. Since the knob is preferably a continuous rotational device having an infinite range of rotational motion, an encoder, rather than continuous turn potentiometer, is a suitable sensor due to the encoder's accuracy and lower errors when transitioning between maximum and minimum values. Other types of sensors can, of course, be used in other embodiments, including magnetic sensors, analog potentiometers, etc. In some embodiments, a high-amplification transmission can be used to provide greater resolution, such as a belt drive, capstan drive, etc., as described below with reference to Fig. 2.

Many different types of force effects and sensations can be output to the user using the knob mechanisms described herein, such as spring forces, damping forces, barrier forces, vibrations, detents, attractive forces, etc. Some basic force sensations are described in U.S. Patent 5,734,373.

Knob Mechanism Implementations

Several knob mechanism embodiments are described below. It should be noted that the embodiments described below are not the only embodiment of the present invention. For example, some embodiments may only include the transverse motion of knob 26 and not the push and/or pull functionality nor the force feedback functionality. Yet other embodiments may only include force feedback with transverse knob motion, or force feedback with push and/or pull functions.

FIGURE 2 is a perspective exploded view of a first embodiment 50 of the mechanism of the control knob 26 of the present invention which can also provide haptic feedback to the user. Embodiment 50 utilizes a belt transmission for improved torque, e.g., a 4 to 1 synchronous belt transmission can be achieved in one implemented embodiment. This is beneficial for generating effects with stiff end-stop effects.

The control knob 26 moves a vertical shaft or axle 53 which extends through a switch plate 52, a top case 54, a top slider 56, top clutch 58, and mid-clutch 60. A parallel misalignment clutch, formed of top clutch 58, mid-clutch 60, and a bottom clutch 62, allows an actuator and grounded portion of the knob mechanism to stay fixed while the knob 26 can be moved laterally. The vertical shaft 53 is rigidly coupled to the switch plate 52 at one end and the top clutch 58 at the other end, and the shaft acts as a guide for the linear axial motion of the knob. Apertures in knob 26 are mated to pegs extending from the switch plate 52, allowing the knob to provide torque on the plate 52 but permitting the knob to move axially with respect to the plate 52. The mid-clutch 60 includes slots 61 which mate with keys 63 of top clutch 58 and allow the knob to be moved in one lateral degree of freedom (two directions). Similarly, the mid-clutch 60 includes two different slots 65 spaced at 90

degrees from the first notches which mate with keys 67 provided on bottom clutch 62 and allow the knob to be moved in the other lateral degree of freedom. The lateral degrees of freedom provided by knob 26 are "true" lateral degrees of freedom, i.e., the knob slides linearly transversely and does not approximate lateral motion by pivoting the knob rotationally. Such true lateral motion tends to feel better when a relatively longer travel distance in the lateral directions is provided.

A rounded portion or plunger (not shown) is provided at the end of the vertical shaft extending down from the knob 26 and engages a gate 64 centered on the axis of rotation and having a number of grooves that constrain the knob to the desired 8 lateral directions, similar to the gate and plunger described below with reference to Fig. 3b. In other embodiments, the gate can include less or a greater number of grooves for a different number of allowed transverse directions of the knob. The components 26, 52, 56, 58, 60, and 62 are either coupled to or engaged with at least one other of these components so that when any one of these components is rotated (such as knob 26), all these components are rotated in unison. Sensors (not shown) are also preferably included to detect motion of the knob in the lateral directions. Such lateral sensors can be any of standard sensors used for detecting motion, such as optical sensors, Hall effect sensors, contact switches, stick controller switches, etc. For example, the lateral sensors can be contact switches positioned near the circumference of top slider 56 spaced at 90 degrees; when the slider 56 is moved laterally with the knob, one or two of the contact switches is closed in the path of the knob.

A drive pulley 66 is connected to the bottom clutch 62 by a belt 68, and the drive pulley is coupled to a drive shaft of a grounded actuator 70, such as a DC motor, moving magnet actuator, voice coil, passive brake, or other type of actuator. The actuator 70 thus rotates drive pulley 66 (or causes resistance to rotation if actuator 70 is a brake), which rotates the bottom clutch 62 and the knob 26. An encoder disc 72 can be coupled to drive pulley 66 and rotates in unison with the drive pulley 66. The encoder disc 72 includes an edge that is rotated within an encoder optical sensor 74 to allow determination of the knob rotational position by a microprocessor or other controller by sensing passage of marks or slots on the wheel. A bottom case 76 can be positioned between the actuator 70 and the drive pulley 66, where the bottom case 76 attaches to the top case 54 to form a housing around most of the other components.

The knob 26 is able to be linearly moved axially with respect to the switch plate 52, e.g. the knob can mate with the switch plate with pegs as shown. A contact switch (not shown) can be positioned on the switch plate 52 to detect when the knob 26 is pushed against the plate 52. The inherent spring in the mechanical switch can provide a spring return force on the knob to maintain it in the "up" position when no force from the user is provided. Other types of sensors and/or additional springs can also be used.

One benefit of the mechanism 50 is the location of the encoder 72 and 74 relative to the knob 26. The belt drive transmission amplifies the knob rotation and affords a increase in encoder

resolution, e.g. one rotation of the knob 26 provides multiple rotations of the encoder wheel 72. Other types of transmissions can be used in other embodiments to amplify resolution and force output; for example, capstan cable drives, gears, friction wheels, and o-ring or timing belt drives can be used.

Other advantages of the embodiment 50 include a high holding torque, very scalable mechanical design, a smaller/less expensive actuator due to the use of transmission amplification, and improved encoder resolution due to the drive transmission amplification. There are some disadvantages as well: the mechanism requires significant depth in a housing to house it; there is friction inherent in the belt transmission; the drive transmission increases the device's complexity; and more joints in the moving parts result in greater backlash in the device. Furthermore, this embodiment is not as suitable for the axial-moving motor shaft invention described herein as other embodiments.

In another alternate embodiment, one or more of the transverse or lateral motions of knob 26 can be actuated. For example, a linear or rotary actuator can be provided to output forces in the transverse degree of freedom, in one or both directions (toward the center position and away from the center position of the knob). For example, one or more magnetic actuators or solenoids can be used to provide forces in these transverse directions. Similarly, in other embodiments, the pull and/or push motion of knob 26 along axis A can be actuated. For example, a jolt force can be output on the knob in the linear degree of freedom along axis A as the user pushes the knob. Also, the spring return force provided by spring member 64 can instead be output using an actuator controlled by a microprocessor.

FIGURE 3a is an exploded perspective view of a second embodiment 80 of a mechanism for the knob 26. Mechanism 80 implements a direct drive motor for reduced friction and higher fidelity. This design has no transmission or clutch components, unlike the embodiment 50 of Fig. 2, and thereby eliminates the effects of both backlash and friction. However, this generally results in a lower torque output and sensing resolution than the embodiment of Fig. 2. The reduced torque output of this design may make the use of current control algorithms that permit short durations of higher level currents more suitable.

Knob 26 that is contacted by the user is directly coupled to a knob pulley 82, which is in turn directly coupled to a rotating shaft 86 of an actuator 84, similar to the actuator 70 of Fig. 2. A select switch 88 is provided in a switch bracket 90 provided between knob pulley 82 and motor 84; the select switch 88 is closed by the pulley 82 when the user pushes on the knob and moves it linearly along the axis of rotation so that the controlled device can detect when the knob is pushed. One example of the select switch is described in greater detail with respect to Fig. 7. A spring centering force on the axial motion of the knob is preferably provided by the select switch 88.

An encoder drive belt 92 is coupled to the knob pulley and drives an encoder pulley disk 94, which is rotated between an emitter and detector on a grounded encoder printed circuit board (PCB) assembly 96. A top slider 98 is positioned around the housing of actuator 84 and includes a gate 100 facing down, which is mated with a plunger 102. The gate 100 and plunger 102 are described with reference to Fig. 3b. The plunger 102 is preferably spring loaded in an aperture in the bottom case 104, and a bottom slider 106 is positioned between the bottom case 104 and the top slider 98. The bottom slider 106 and top slider 98 slide transversely with respect to each other to allow the knob 26 and actuator 84 to together be moved in eight lateral directions (perpendicular to the axis of rotation of the knob). The engagement of slots 101 and keys 103 in the slider members and in the bottom case 104 allow this transverse motion, where the slots and keys permit transverse motion. The plunger 102 and gate 100 interaction, as detailed below, also confines the knob to desired lateral directions.

The plunger 102 and gate 100 are offset from the center axis of rotation of the mechanism, unlike the gate and plunger of embodiment 50 of Fig. 2. In some embodiments, the offset nature of these components can introduce some rotational play of the knob about the center of the gate. In such embodiments, it is preferred that a second gate (not shown) and spring-loaded plunger 105 be provided on the opposite side of the sliders 98 and 106 to the existing gate and plunger to provide greater stability and less play and vibration in the mechanism. In a preferred embodiment, only one of the gates includes grooves for guiding purposes; the other gate can have a smooth, concave or cone-shaped underside.

A top case 108 can be positioned under the knob 26 and can be coupled to the bottom case 104 to provide a housing around much of the mechanism. In a preferred embodiment, the top slider 98 includes rounded surfaces on projecting members 109, where the rounded surfaces contact the underside of top case 108 to provide stability for the sliding lateral motion of the knob mechanism.

A main PCB assembly 110 can be used to hold circuitry and other needed electronic components for the mechanism 80. In addition, a lateral sensor for sensing the motion of the knob in the eight lateral directions can take the form of a compact stick controller 112. Controller 112 includes a base that is coupled to the grounded PCB assembly 110 and a stick portion that extends into a receptacle in the top slider 98. As the top slider 98 moves in the eight lateral directions, the stick of the controller 112 moves in corresponding directions and a sensor within the controller 112 senses this motion. In other embodiments, other types of sensors can be used for lateral sensors, such as optical beam sensors, contact switches or sensors, Hall effect sensors, optical encoders, etc.

Advantages of the embodiment 80 include low friction, which leads to a smooth feel of forces and the knob; this is due to the actuator 84 directly driving the knob 26 without any drive transmission. In addition, a high sensing resolution is obtained due to the belt drive transmission (including belt 92) that is used with the encoder that one rotation of the knob to several rotations of

the encoder wheel 94. The mechanism is also simpler than the embodiment of Fig. 2 and requires less space within a housing, which is advantageous in such space-limited locations as an armrest console in an automobile or other vehicle. Furthermore, the embodiment 80 may be directly used with the axial-moving shaft motor invention described with reference to Fig. 6. Disadvantages include less holding torque, and the device may require more sophisticated (and therefore expensive) electronics to monitor motor temperature.

FIGURE 3b illustrates the gate 100 and plunger 102 of the embodiment of Fig. 3a. Gate 100 includes a concave underside and a number of grooves 120 bored in the underside and oriented in a radial fashion from the center of the underside of the gate. The gate 100 is oriented such that a tip 124 of the plunger 102 is contacted with the grooves, i.e., pressed within one of the grooves or the center cup 122 between the grooves. The grooves 120 are provided in the directions desired for lateral travel of the knob 26. Thus, if eight directions are desired, eight different grooves in the desired directions are provided. The plunger 102 is preferably spring-loaded so as to provide good contact between plunger 102 and gate grooves 120 at all times and to better enable the guiding function of the gate.

In operation, the gate 100 moves with the knob 26 and actuator 84 when the user moves the knob 26 in a lateral direction. The grounded plunger 102, engaged with the gate 100 within a groove 120, forces the gate 100 to be moved so that the plunger 102 remains in one of the eight grooves 120. Thus, the gate is allowed to move only in one of the eight desired directions, which in turn forces the knob 26 to be moved in one of those eight lateral directions.

An alternate embodiment 130 of embodiment 80 is shown in FIGURE 3c, which provides a different sensing mechanism for the knob mechanism. Similar to the embodiment 80, the knob 26 is directly coupled to the drive shaft of an actuator 132. A top slider 134 and bottom slider 136 are provided to allow the lateral motion of the knob in eight directions, where apertures 138 in the sliders allow the sliders to slide with respect to posts 139 extending through the apertures. A ball button 140 is grounded in post 141 and extends upwardly to engage with a gate in the bottom of slider 136, similar to the gate and plunger shown in Figs. 3a and 3b, to constrain the motion of the knob to the desired lateral directions. Since the gate and plunger are offset from the central axis of rotation, similar to the embodiment of Fig. 3a, a second plunger and (preferably non-grooved) gate can be provided at the opposite side of the mechanism to provide stability and a tighter motion.

An encoder disc 142 is mounted to the bottom of the actuator drive shaft. The encoder disc apertures or marks are vertically (axially) oriented to allow sensing of the knob position during travel of the encoder disc with respect to a sensor such as an emitter/detector (not shown), i.e., at all axial linear positions of the knob. For example, a thin band of marks or apertures can be provided, with an emitter and detector for detecting passage of the apertures or marks. Thus, this embodiment can be suitable for those embodiments providing axial knob travel in which the sensor (and the actuator, in

some embodiments) moves with the knob axially. In other embodiments, instead of apertures or marks on a thin band, a transparent, ridged material can be used in the sensor, where the detector detects changes in the emitted beam from passage of the ridges. For example, Kärma of San Francisco, CA provides an optical sensor having approximately sawtooth-shaped ridges that function similarly to marks or apertures, but which allow a circular band to be more easily formed, and which can be suitable for the present invention. Since no drive transmission is used, the sensing resolution of the embodiment 130 is generally smaller than the embodiment 80. A top case 144 is coupled to a bottom case 146 to provide a housing around the mechanism.

FIGURE 4a is a perspective view showing one example of the assembled haptic knob mechanism 50 of Fig. 2 and its volume constraints. The haptic knob can be used in a vehicle, such as on the front section of a center armrest of an automobile, or on a central console. The embodiment 50 shown in Fig. 2 provides sufficient torque, but because of the belt drive transmission, is larger in size than the embodiment 80. Embodiment 50 can utilize the original volume below and behind the knob for the actuator, as shown in Fig. 4a.

FIGURE 4b is a perspective view showing another example of the assembled housing which can be used for the embodiment 80 of Fig. 3a or the embodiment 130 of Fig. 3c. Embodiment 80 or 130 requires slightly more lateral volume than the embodiment 50, but only a shorter assembly is needed as it does not implement a transmission, as shown in FIGURE 4b. Of course, in other embodiments in which the knob is controlling other devices in other contexts, such volume constraints may not be present, or different constraints may exist.

Axial Knob Movement

Implementation of the axial translation of the knob or other manipulandum can take different forms. One aspect of the present invention includes a motor (or other type of actuator) having a shaft that may be moved along the axis of rotation of the motor shaft. This design greatly aids in the tactile knob of the present invention since it allows the knob to translate along the axis of rotation without the use of any couplings. Typically, if such knob movement were desired, an expensive axial coupling device, such as a bellows, a helical flexible coupling, or a splined shaft inside of a splined cavity, was provided between the moving knob and the motor shaft, such as in the embodiment of Fig. 8, described below. This allowed the knob to move axially with respect to the motor shaft yet still allowed the motor to exert rotational force on the knob. However, the coupling is expensive and may introduce backlash or compliance into the system, decreasing the realism of the output forces to the user. Alternatively, previous systems could move the entire motor along the axis of rotation of the knob; this is often inefficient, however, since the motor is typically heavy and bulky (especially a stator portion including permanent magnets).

An example of a motor 200 of the prior art is shown in the side cross-sectional view of FIGURE 5. A common DC brush-type motor is shown, having stationary portions (stator) with respect to the motor housing and a rotating portion (rotor). A housing 202 of the motor is typically cylindrical and provides a support for the stator of the motor and also functions as a magnetic flux guide. Housing 202 includes two magnets 204 coupled to the inside of the housing which are typically provided on opposing sides of the interior of the housing. Magnets 204 typically have opposite magnetic poles to each other facing inward toward the center of the housing (e.g., a north face N of one magnet faces inward, and a south face S of the other magnet faces inward). Shaft 206 of the rotor is rotatably coupled to housing 202 so that the rotor may rotate about axis A. For example, bushings 208, such as ball bearings, can hold the shaft 206. The rotor also includes an armature having a number of teeth 210 having supports, about which are wrapped a conductive wire or coil (not shown).

In a brush-type motor, the shaft 206 is coupled to a number of commutator bars 212 positioned cylindrically about the shaft 206, and to which the coils are connected. Brush units 214 are conductively coupled to the commutator bars; for example, brushes 216 can be spring loaded against the commutator bars by helical or leaf springs 218. Current is supplied to a brush 216, which conducts the current to a commutator bar, through the coil, and out through the other commutator bar 212 and brush 216.

As is well known to those skilled in the art, permanent magnets 204 create a static magnetic field which interacts with a variable magnetic field produced by electric current flowing through the coil of the rotor. The magnetic fields are directed through the stator and rotor commonly using ferrous structures, such as iron. The rotor rotates about axis A within housing 202 in a direction determined by the direction of the current through the coils. The shaft 206 is fixed in the degree of freedom along the axis A and is not allowed to translate.

FIGURE 6 is a side cross-sectional view of an example of the motor 230 of the present invention. As in Fig. 5, a DC brush-type motor is shown, although other types of motors or actuators can also be provided with the features of the present invention. Instead of providing an axial coupling device between knob and motor, the axial compliance is built into the motor 230.

Like the motor of Fig. 5, motor 230 includes a stator that includes housing 232 and magnets 234. A rotor is positioned in the housing held by bushings 238 and includes shaft 236 and armature 240. Armature 240 includes teeth 242 and a coil, as described above. Teeth 242 may be positioned parallel to the sides of the housing 232, or may be skewed in a helical arrangement to reduce a "cogging" effect that is caused by the magnetic fields and transmitted to the user when the rotor is rotated. Such skewed rotor implementations are described in U.S. Patent No. 6,050,718.

Motor 230 also includes commutator bars 244 coupled to the rotor and brush units 246 coupled to the stator, the brush units including brushes 248 and spring elements 250, which can be leaf springs, helical springs, flexures, or other types of compliant elements.

The entire rotor is able to be translated along the axis B of rotation in the present invention, allowing the shaft 236 to move along the axis B and providing the necessary movement to the knob (or other user manipulatable object) that is coupled to the shaft. To accommodate this motion, some of the components of the actuator have been modified. The clearance between the commutator bars 244/brush units 246 and the rear bushings 238b has been increased to accommodate the motion of the rotor. In some embodiments (depending on the amount of axial translation), the commutator bars 244 should be extended to guarantee continuous contact between the brushes 248 and the commutator bars 244 at all positions of the rotor. If large brushes are used, the brushes 248 can be shortened along the axis B to alternatively (or additionally) accommodate the axial motion of the rotor.

The magnets 234 also can be extended as shown in Fig. 6, e.g. extended toward the brush units in the example shown, so that the armature is within the magnetic field of the magnets 234 at all positions in the range of axial motion of the rotor. If a portion of the armature were allowed to extend out from the magnets 234, a loss in torque or efficiency of torque output may result. Bushings 238 are preferably a high quality type of bearing, such as bronze bushings, that maintain quality over a long period of time despite wear from the axial translation of the shaft 236.

If a knob is coupled directly to the shaft 236, the axial motion of the rotor allows the knob to be sensed in a linear degree of freedom parallel to axis B of the motor. Furthermore, torque can be output on the knob directly by rotating the shaft 236, providing compelling tactile sensations to the user without the use of a compliant coupling. In addition, the changes to an off-the-shelf motor required by the present invention are simple and inexpensive, allowing motors of the present invention to be easily manufactured.

Alternate embodiments can provide other implementations for allowing the shaft 236 to move axially with respect to the other portions of the motor 230. For example, the shaft 236 can be axially translated with respect to both the rotor and the stator of the motor, which remain stationary with respect to ground or a reference surface. In such an embodiment, the shaft 236 can be moved axially within a slot that is provided in the center of the armature 240. To allow the shaft 236 to be rotated by the armature, a keyed feature or other engaging mechanism can be used. For example, a cylindrical shaft and aperture can provide a key in one that engages a slot in the other portion. Or, a hexagonal or other multi-sided cross section of the shaft can engage a similarly-shaped aperture. However, such solutions may not be as desirable in low-cost devices as the embodiment shown in Fig. 6, since they may require significant alteration to designs of existing motors. A spring return force on the shaft 236 preferably biases the shaft to the extended position. This spring return force can be

either internal and/or external. For example, there is an inherent return force provided on the rotor relative to the magnets due to the magnetic properties. External components such as springs can be used as well.

FIGURE 7 is a side cross sectional view of a device 260 including the motor 230 and a knob 26 coupled to the motor. For example, the embodiment 80 of Fig. 3a can be used with the actuator 230, or the embodiment 50 of Fig. 2. The axially-moving output shaft 236 of the motor 230 is rigidly coupled to the knob 26 so that the knob 26 is rotated when the shaft 236 is rotated. The knob 26 may also be translated along axis B; in the embodiment shown, the knob may be moved downward a total distance of 1.5 mm from the topmost position shown. In other embodiments, other distances can be provided.

The device 260 also preferably includes one or more sensors for detecting at least one position of the knob 26 in its linear axis. In the example of Fig. 7, the sensor is a switch 262 which is positioned at the opposite end of the motor 230 to the knob 26. The switch is a contact switch that closes when the shaft 236 presses down on the switch, which is caused by the user pressing the knob 26 down the requisite distance. The switch is coupled to a microprocessor or other controller which thus can detect when the user is pressing the knob to make a selection or otherwise influence the operation of the controlled device. The switch 262 can also be implemented as other types of sensors or switches in other embodiments, such as an optical sensor, a magnetic sensor, a pressure sensor, or other type of sensor or switch.

In other embodiments, the switch can be positioned in other locations of the device 260. For example, a switch 264, which is similar to the switch 262, can be positioned on the top surface of the housing of the motor 230 and underneath the knob 26. When the knob 26 is pushed down by the user, the bottom surface 266 of the knob contacts the switch 264 to close the switch. Multiple switches 262 and 264 can also be used; for example, two switches 264 can be positioned on the top surface of the motor 230. In other embodiments, a switch can be positioned in other locations, such as switch 265.

In some embodiments, the position of the knob (or shaft) in the axial direction can be sensed using a continuous-range or analog sensor, and the linear axial position can be used by a microprocessor (or other controller) to provide proportional control over a value, computer generated object, or other device function. In some embodiments, the movement parallel to axis B can also be actuated using, for example, a frictional roller actuator or linear actuator, allowing different force sensations to be output in the linear degree of freedom, such as springs, damping, inertia, detents, textures, vibrations, jolts or pulses, etc.

Although the embodiments disclosed herein are in reference to rotary knobs, other rotating user manipulatable objects can be coupled to the translating actuator shaft of the present invention.

For example, a joystick, steering wheel, pool cue, medical instrument, or other grip can be provided instead of a knob.

In other embodiments, a sensor can be provided to sense a range of positions of the knob 26 or a continuous motion of the knob 26 linearly along axis B. For example, a Hall effect switch can be provided on the knob or an attached member which measures the position of the shaft 236 relative to a grounded magnet. Or, an optical sensor (such as a photodiode) or other type of sensor can detect the position of the shaft 236 and/or knob 26. In such an embodiment, the position of the knob along axis B can proportionately control a cursor position or function or setting of the controlled device. For example, such movement can control the volume of audio output of the device, motion of a cursor across a display, or the brightness of lights inside a vehicle.

A spring member can also be coupled between the knob and a grounded surface to provide a restoring force to the knob and to bias the knob to an origin position when the user removes sufficient pressure from the knob.

FIGURE 8 is a perspective view of a different embodiment 270 of a mechanism for the knob interface device of the present invention that allows axial motion of the knob. Embodiment 270 includes gears to sense the rotational motion and allow the translation of the knob. Knob 26 can be positioned at the front panel of an electronic device or computer device as described above. The knob can preferably be rotated about an axis Z by the user to provide input to the electronic device. In other embodiments, knob 26 can be other controls, such as a dial or other types of grips, as in the embodiments described above.

Knob 26 is rigidly coupled to a first shaft 274, which has a gear 276 rigidly coupled to the shaft 274 at a portion of the shaft between its two ends. Alternatively, gear 276 can be directly coupled to or be positioned around the knob 26. Thus when the user rotates the knob 26, the shaft 274 and gear 276 are also rotated. The shaft 274 extends from the other side of the gear 276 and is rigidly coupled to one end of a physical spring or torsional coupling 280. Spring 280 is rigidly coupled to a second shaft 278 at the other end of the spring.

Spring 280 allows the shaft 274 to be moved toward or away from the shaft 278 (when the spring is not fully compressed or extended), thus allowing the knob 26, the shaft 274, and the gear 276 to be translated along the Z-axis. The spring force provided by the spring causes a spring return bias on the knob 26 when the knob 26 is moved along the Z-axis away from a neutral or origin spring position. Preferably, a guide (not shown) is provided near the knob 26 (such as at the shaft 274 right behind the knob) to prevent any motion of the knob perpendicular to the axis Z allowed by the spring 280. Such a guide can be an aperture in a front panel of a device through which the shaft 274 extends, for example. Physical stops can also be provided in the linear degree of freedom of the knob to limit the knob to a desired range of translational motion.

Spring 280 also allows rotational motion to be transmitted between shaft 278 and shaft 274 (and thus the knob 26 and gear 276). Spring 280 is preferably rigid in a circumferential direction and does not allow torsion flex, so that rotation of shaft 278 by actuator 282 (discussed below) is transmitted as faithfully as possible to shaft 274 and knob 26 without excessive play or compliance. Helical or other types of springs, or other couplings that allow translation and can transmit rotation, such as a bellows, a helical flexible coupling, or a splined shaft inside of a splined cavity, can be used for spring 280. In still other embodiments, no spring 280 or other coupling is provided, and shaft 278 is instead able to be moved axially with respect to the motor to allow knob axial motion, as in the embodiment 230 shown above in Fig. 6. In alternate embodiments, the motion along axis Z can be actuated by using an actuator to output forces in the linear degree of freedom, such as a linear actuator or a rotary actuator whose rotary output is translated to a linear direction. Such an actuator can be a motor, voice coil actuator, passive brake, etc.

In other embodiments, other couplings between shaft 274 and shaft 278 allowing slidable movement can be used, yet allowing rotational motion to be transmitted from shaft 278 to shaft 274, as is well known in the mechanical arts. In some embodiments, the gear 276 itself can be a sufficient length (parallel to the Z axis) to act as a coupling and allow the shaft 278 to move a desired distance relative to the gear 276 and shaft 274. The interior of the coupling, such as the central gear opening, can include gear teeth or other structure to mate with teeth on shaft 278 to allow translational motion while still transmitting rotational motion.

Shaft 278 is rigidly coupled to a grounded actuator 282, which is operative to output a rotational force on the shaft 278 and thus a rotational force on the knob 26. Actuator 282 provides forces that are computer-modulated based on control signals from a computer device including a microprocessor or other controller. Actuator 282 can be an active actuator, such as a DC motor, voice coil actuator, or other type of motor; or the actuator can be a passive actuator such as a brake or passive fluid actuator. A variety of force sensations can be output to the knob, as described below.

An encoder gear 290 is rotatably coupled to a grounded surface and is positioned next to the gear 276. Encoder gear 290 includes gear teeth which are engaged with the teeth of gear 276 so that rotational motion of gear 276 causes rotation of encoder gear 290 about an axis A. In some embodiments, other transmission devices can be used to transmit rotation from the shaft 274 to the shaft 292; for example, a frictional drive system can be used, most preferably if it allows translation of the two elements held in friction; thus, a hard rubber or similar material can be used. Alternatively, a belt drive transmission can be used, where a small pulley in place of encoder gear 290 is positioned a short distance from the large pulley in place of gear 276 and a belt is looped between the pulleys. An O-ring type belt can be used so that the translation of the large pulley with respect to the small pulley will not upset the functioning of the belt drive.

An encoder shaft 292 is rigidly coupled to ground and to the encoder gear 290 and extends through the encoder gear. A sensor 293 is coupled to the encoder gear to detect the rotational motion of the gear 290 and thus to detect the rotation of gear 276 and knob 26 (the gear 276 rotation being caused by the user and/or the actuator 282). The sensor 293 provides one or more signals to the microcontroller indicating the relative motion of the gear 290 and thus the knob 26. Sensor 293 includes a code wheel 294 that is rigidly coupled to the shaft 292 and rotates in conjunction with the gear 290. Sensor 293 also includes a grounded emitter/detector assembly 296 that is positioned so that an edge of the wheel 294 rotates between at least one emitter and at least one detector of the assembly 296. The wheel includes slots or markings which can be detected as they rotate past the emitter/detector. This type of optical encoder is well known to those skilled in the art. In a preferred embodiment, two or more detectors are provided in assembly 296 to enable quadrature or similar sensing, allowing the direction of motion to be sensed. Other types of sensors that can sense the motion of a wheel or shaft can alternatively be used, such as an analog potentiometer.

When the knob 26 is translated, the gear 276 and the encoder gear 290 are translated with respect to each other, e.g. in the described embodiment the gear 276 is moved or slid with respect to the encoder gear 290 that is grounded along the Z-axis. The interlocking gear teeth of the two gears allows the gears to be so translated but also allows rotational motion to be transmitted from one gear to the other (as long as at least a portion of the Z-axis length of the teeth of both gears are interlocked). This allows the sensor 293 to be grounded with respect to the knob 26 and yet still measure the rotation of the knob 26.

Preferably, the user can push the knob 26 toward the actuator 282 to activate a sensor and input a button or activation signal. To enable this feature, in the described embodiment, an electrical switch such as contact 297 can be provided in the path of the knob 26 or gear 276. For example, the contact 297 is coupled to ground and is pressed against another contact when the knob 26 engages and pushes the contact 297. This sends a signal to the controlling microcontroller or other circuitry. Thus, the user may push the knob 26 to activate the contact signal and thereby make a selection input to the electronic device or otherwise provide input to the electronic device.

In other embodiments, other types of sensors can be used to detect a particular position of the knob in the linear degree of freedom along axis Z, or to sense continuous linear motion along axis Z. For example, an optical sensor can use a detector strip parallel to the travel of the knob to detect a particular position of a point or area on the knob (or the gear or shaft 274) that emits or reflects a beam detected by the detector strip.

FIGURE 9 is a block diagram illustrating an electromechanical system 300 suitable for use with the device controlled by a knob of the present invention. A haptic feedback system including many of the below components is described in detail in Patent number 5,734,373, which are both incorporated by reference herein in their entirety.

In one embodiment, the controlled device includes an electronic portion having a local microprocessor 302, local clock 304, local memory 306, sensor interface 308, and actuator interface 310.

Local microprocessor 302 is considered "local" to the device, where "local" herein refers to processor 302 being a separate microprocessor from any other microprocessors, such as in a controlling host computer (see below), and refers to processor 302 being dedicated to force feedback and/or sensor I/O for the knob 26. In force feedback embodiments, the microprocessor 302 reads sensor signals and can calculate appropriate forces from those sensor signals, time signals, and force processes selected in accordance with a host command, and output appropriate control signals to the actuator. Suitable microprocessors for use as local microprocessor 302 include the 8X930AX by Intel, the MC68HC711E9 by Motorola and the PIC16C74 by Microchip, for example. Microprocessor 302 can include one microprocessor chip, or multiple processors and/or co-processor chips, and can include digital signal processor (DSP) functionality. Also, separate controllers can be provided which are dedicated to calculating velocity, acceleration, and/or other force-related data. Alternatively, fixed digital logic and/or state machines can be used to provide similar functionality.

A local clock 304 can be coupled to the microprocessor 302 to provide timing data, for example, to compute forces to be output by actuator 316. Local memory 306, such as RAM and/or ROM, is preferably coupled to microprocessor 302 to store instructions for microprocessor 302, temporary data. Display 14 can be coupled to local microprocessor 302 in some embodiments. Alternatively, a different microprocessor or other controller can control output to the display 14.

Sensor interface 308 may optionally be included in to convert sensor signals to signals that can be interpreted by the microprocessor 302. For example, sensor interface 308 can receive signals from a digital sensor such as an encoder and convert the signals into a digital binary number. An analog to digital converter (ADC) can also be used. Alternately, microprocessor 302 can perform these interface functions. Actuator interface 310 can be optionally connected between the actuator and microprocessor 302 to convert signals from microprocessor 302 into signals appropriate to drive the actuators. Actuator interface 310 can include power amplifiers, switches, digital to analog controllers (DACs), and other components. In alternate embodiments, actuator interface 310 circuitry can be provided within microprocessor 302 or in the actuator(s). A power supply 312 can provide electrical power or power can be supplied to the actuator 316 and any other components by an interface bus.

The mechanical portion of the system can include some or all of the components needed for rotational motion of knob 26, transverse motion of knob 26, the push and/or pull motion of knob 26, and haptic feedback in any or all of these degrees of freedom of the knob, as described above. Sensors 314 sense the position, motion, and/or other characteristics of knob 26 along one or more degrees of freedom and provide signals to microprocessor 302 including information representative

of those characteristics. Typically, a sensor 314 is provided for each degree of freedom along which knob 26 can be moved, or, a single compound sensor can be used for multiple degrees of freedom. Examples of suitable sensors include optical encoders, analog sensors such as potentiometers, Hall effect magnetic sensors, optical sensors such as a lateral effect photo diodes, tachometers, and accelerometers. Either absolute or relative sensors may be used.

In those embodiments including force feedback, actuator(s) 316 transmits forces to knob 26 in one or more directions in a rotary degree of freedom in response to signals output by microprocessor 302 or other electronic logic or device, i.e., it is "electronically-controlled." The actuator 316 produces electronically modulated forces which means that microprocessor 302 or other electronic device controls the application of the forces. Typically, one or more actuators 316 is provided for each knob 26 that includes force feedback functionality. In some embodiments, additional actuators can also be provided for the other degrees of freedom of knob 26, such as the transverse motion of the knob 26 and/or the push or pull motion of the knob. Actuator 316 can be an active actuator, such as a DC motor, linear current control motor, stepper motor, pneumatic/hydraulic active actuator, a torquer (motor with limited angular range), voice coil actuator, etc. Passive actuators can also be used, including magnetic particle brakes, friction brakes, or pneumatic/hydraulic passive actuators, and generate a damping resistance or friction in a degree of motion.

Mechanism 318 is used to translate motion of knob 26 to a form that can be read by sensors 314, and, in those embodiments including force feedback, to transmit forces from actuator 316 to knob 26. Examples of mechanism 318 are shown above. Also, a drive mechanism such as a belt drive, gear drive, or capstan drive mechanism can be used to provide mechanical advantage to the forces output by actuator 316.

Other input devices 320 can be included to send input signals to microprocessor 302. Such input devices can include buttons or other controls used to supplement the input from the panel to the controlled device. Also, dials, switches, voice recognition hardware (e.g. a microphone, with software implemented by microprocessor 302), or other input mechanisms can also be included to provided input to microprocessor 302 or to the actuator 316. A deadman switch 322 can be included in some embodiments on or near the knob to cause forces to cease outputting when the user is not contacting the knob as desired to prevent the knob from spinning on its own when the user is not touching it.

Other microprocessor 324 can be included in some embodiments to communicate with local microprocessor 302. Microprocessors 302 and 324 are preferably coupled together by a bi-directional bus 326. Additional electronic components may also be included for communicating via standard protocols on bus 326. These components can be included in the device or another connected device. Bus 326 can be any of a variety of different communication busses; for example, a

hi-directional serial or parallel bus, a wireless link, a network architecture (such as CANbus), or a uni-directional bus can be used.

Other microprocessor 324 can be a separate microprocessor in a different device or system that coordinates operations or functions with the controlled device. For example, other microprocessor 324 can be provided in a separate control subsystem in a vehicle or house, where the other microprocessor controls the temperature system in the car or house, or the position of mechanical components (car mirrors, seats, garage door, etc.), or a central display device that displays information from various systems. Or, the other microprocessor 324 can be a centralized controller for many systems including the controlled device. The two microprocessors 302 and 324 can exchange information as needed to facilitate control of various systems, output event notifications to the user, etc. For example, if other microprocessor 324 has determined that the vehicle is overheating, the other microprocessor 324 can communicate this information to the local microprocessor 302, which then can output a particular indicator on display 14 to warn the user. Or, if the knob 26 is allowed different modes of control, the other microprocessor 324 can control a different mode. Thus, if the knob 26 is able to control both audio stereo output as well as perform temperature control, the local microprocessor 302 can handle audio functions but can pass all knob sensor data to other microprocessor 324 to control temperature system adjustments when the device is in temperature control mode.

In other embodiments, other microprocessor 224 can be a host microprocessor, for example, that commands the local microprocessor 202 to output force sensations by sending host commands to the local microprocessor. The host microprocessor can be a single processor or be provided in a computer such as a personal computer, workstation, video game console, portable computer or other computing or display device, set top box, "network-computer", etc. Besides microprocessor 224, the host computer can include random access memory (RAM), read only memory (ROM), input/output (I/O) circuitry, and other components of computers well-known to those skilled in the art. The host processor can implement a host application program with which a user interacts using knob 26 and/or other controls and peripherals. The host application program can be responsive to signals from knob 26 such as the transverse motion of the knob, the push or pull motion, and the rotation of the knob (e.g., the knob 26 can be provided on a game controller or interface device such as a game pad, joystick, steering wheel, or mouse that is connected to the host computer). In force feedback embodiments, the host application program can output force feedback commands to the local microprocessor 202 and to the knob 26. In a host processor embodiment or other similar embodiment, microprocessor 202 can be provided with software instructions to wait for commands or requests from the host processor, parse/decode the command or request, and handle/control input and output signals according to the command or request.

For example, in one force feedback embodiment, host microprocessor 324 can provide low-level force commands over bus 326, which microprocessor 302 directly transmits to the actuators. In

a different force feedback local control embodiment, host microprocessor 324 provides high level supervisory commands to microprocessor 302 over bus 326, and microprocessor 302 manages low level force control loops to sensors and actuators in accordance with the high level commands and independently of the host computer. In the local control embodiment, the microprocessor 302 can independently process sensor signals to determine appropriate output actuator signals by following the instructions of a "force process" that may be stored in local memory 306 and includes calculation instructions, formulas, force magnitudes (force profiles), and/or other data. The force process can command distinct force sensations, such as vibrations, textures, jolts, or even simulated interactions between displayed objects as described in greater detail in Patent 5,734,373.

In an alternate embodiment, no local microprocessor 302 is included in the interface device, and a remote microprocessor, such as microprocessor 324, controls and processes all signals to and from the components of the interface device. Or, hardwired digital logic can perform any input/output functions to the knob 26.

While this invention has been described in terms of several preferred embodiments, there are alterations, modifications, and permutations thereof which fall within the scope of this invention. It should also be noted that the embodiments described above can be combined in various ways in a particular implementation. Furthermore, certain terminology has been used for the purposes of descriptive clarity, and not to limit the present invention. It is therefore intended that the following appended claims include such alterations, modifications, and permutations as fall within the true spirit and scope of the present invention.

6. Brief Description of Drawings

FIGURE 1 is a perspective view of one embodiment of a device including a control knob of the present invention;

FIGURE 2 is a perspective view of one embodiment of a mechanism for implementing the control knob device of the present invention;

FIGURE 3a is a perspective view of a second embodiment of a mechanism for implementing the control knob device of the present invention;

FIGURE 3b is a perspective view of a gate and plunger mechanism that can be used in the inventive embodiments of the control knob;

FIGURE 3c is a perspective view of a third embodiment of a mechanism for implementing the control knob device of the present invention;

FIGURES 4a and 4b are perspective views of the control knob devices in a housing;

FIGURE 5 is a side cross-sectional view of a prior art motor and interior components;

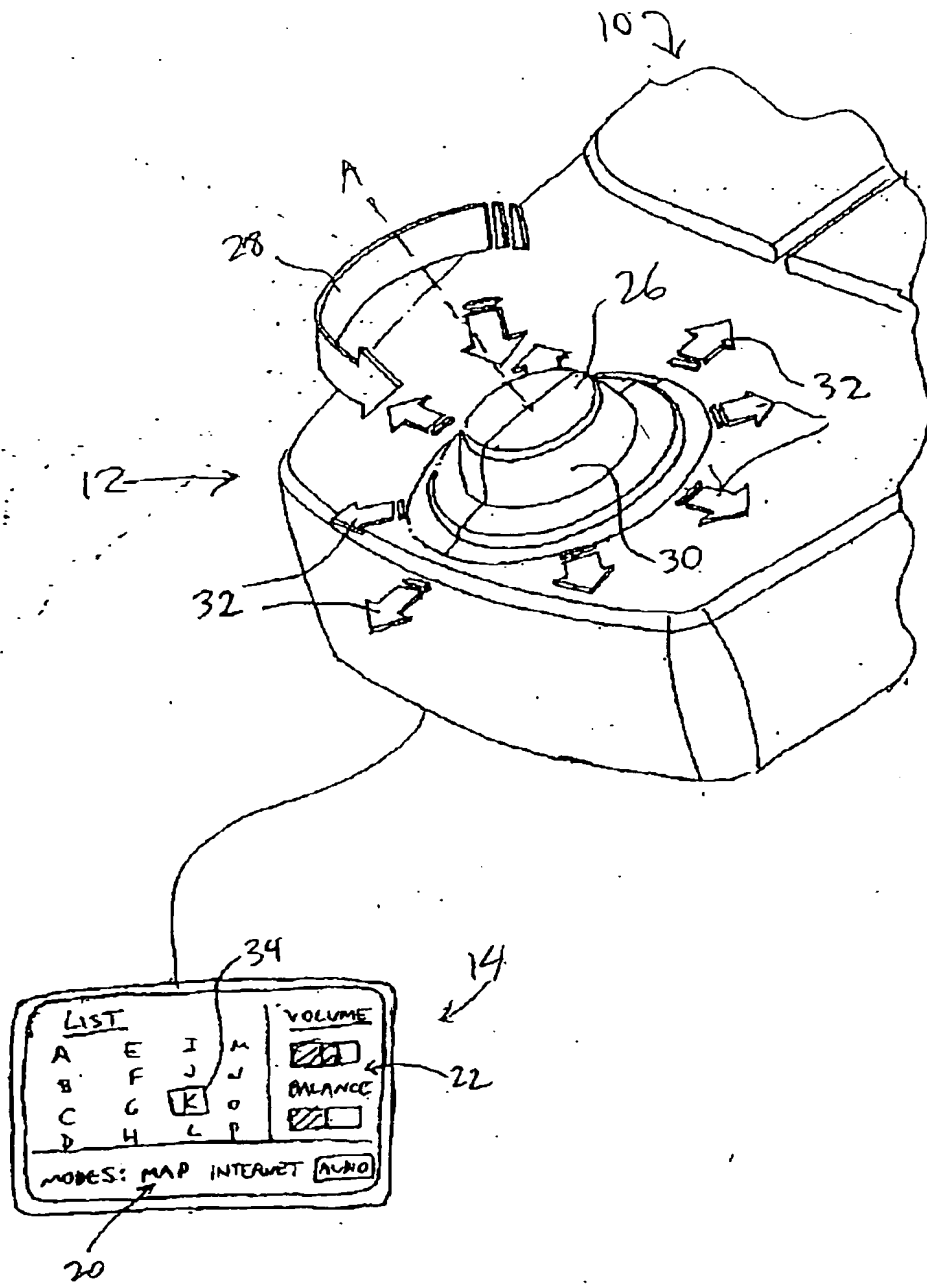
FIGURE 6 is a side cross-sectional view of a motor of the present invention allowing the shaft of the motor to translate axially;

FIGURE 7 is a side cross sectional view of the motor of Figure 6 and a knob and switch to detect the axial motion of the knob;

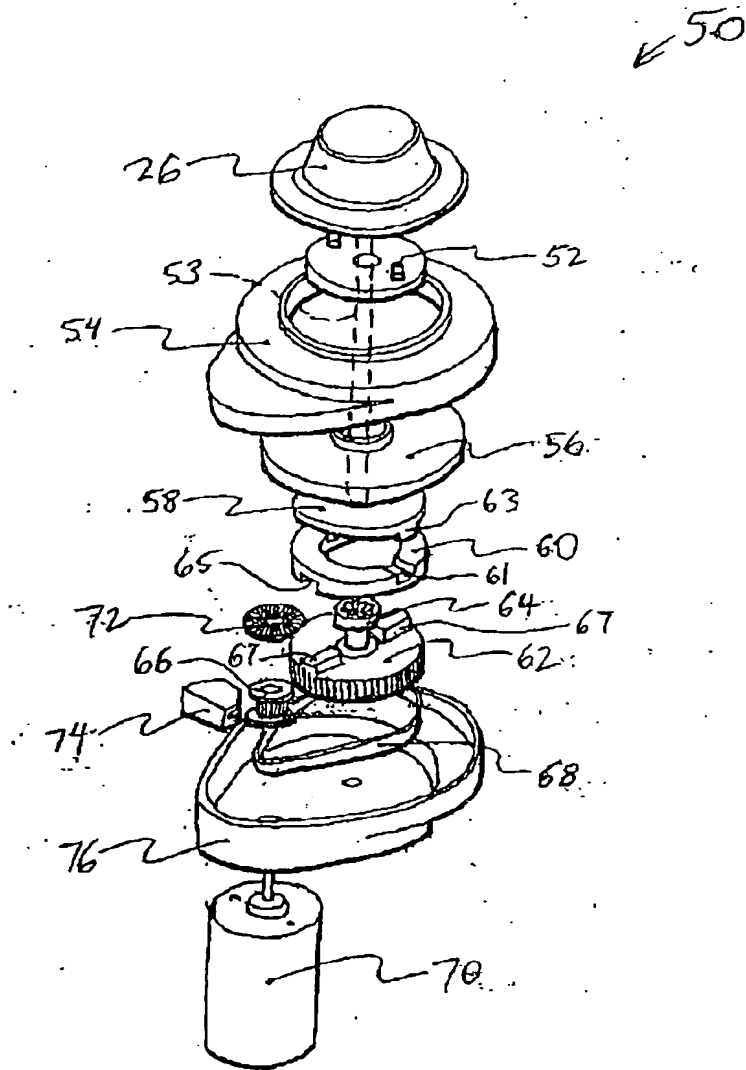
FIGURE 8 is a perspective view of a knob control device providing a gear transmission that allows the knob to translate axially; and

FIGURE 9 is a block diagram of a control system for the control device of the present invention.

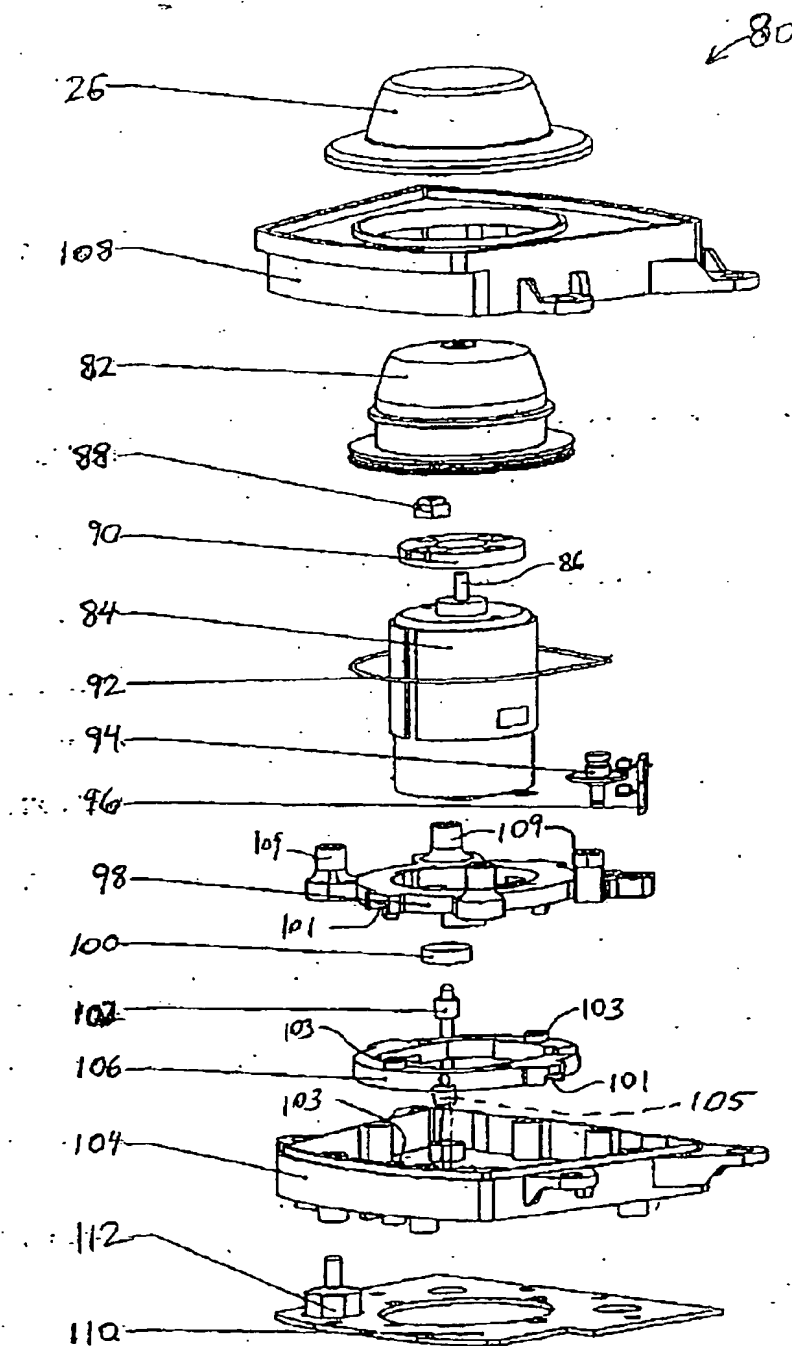
【図1】



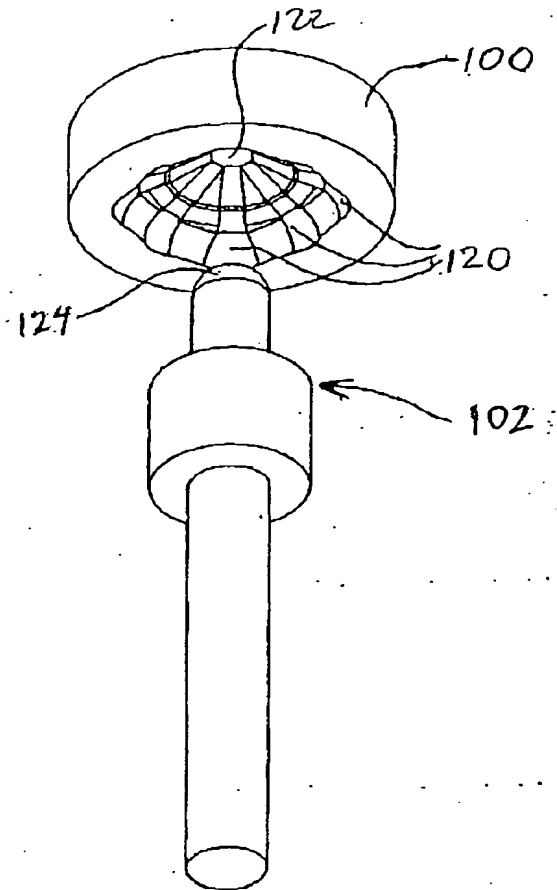
【図2】



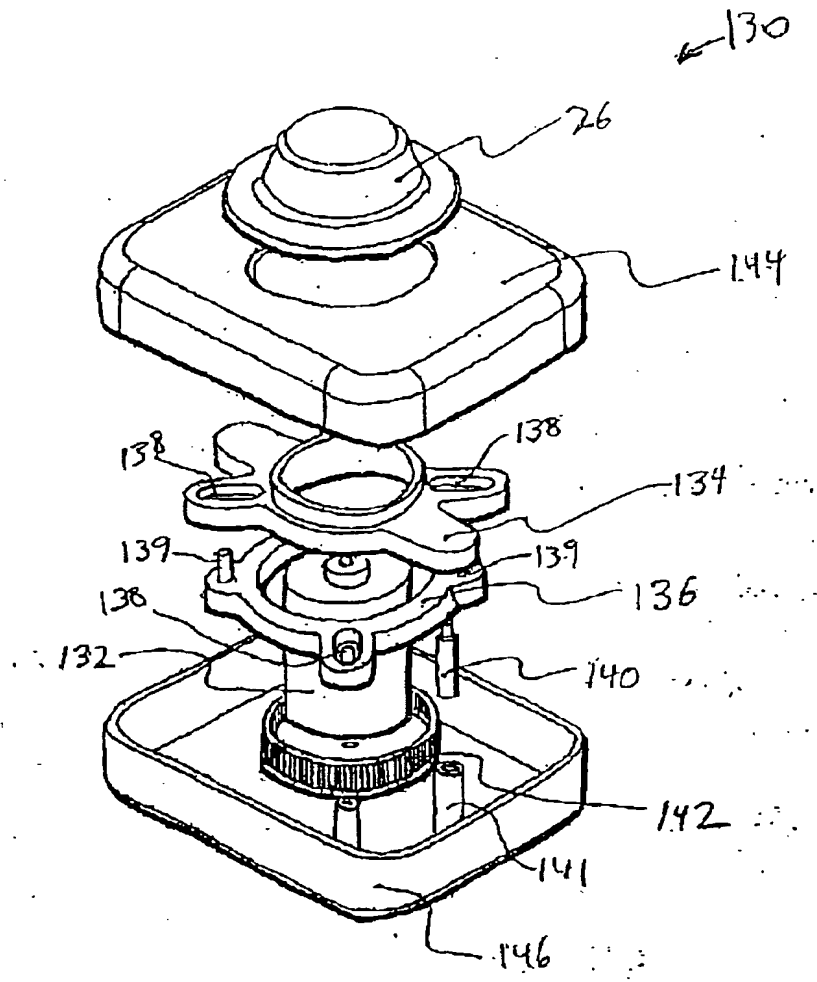
【図3a】



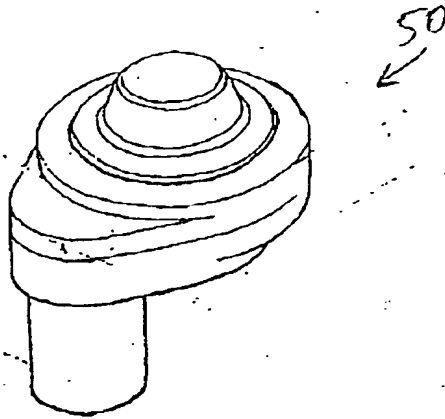
【図3b】



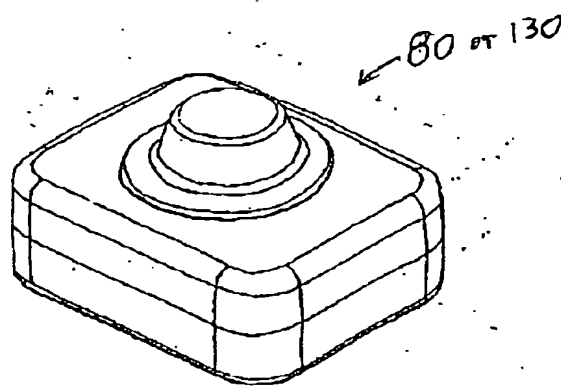
【図3c】



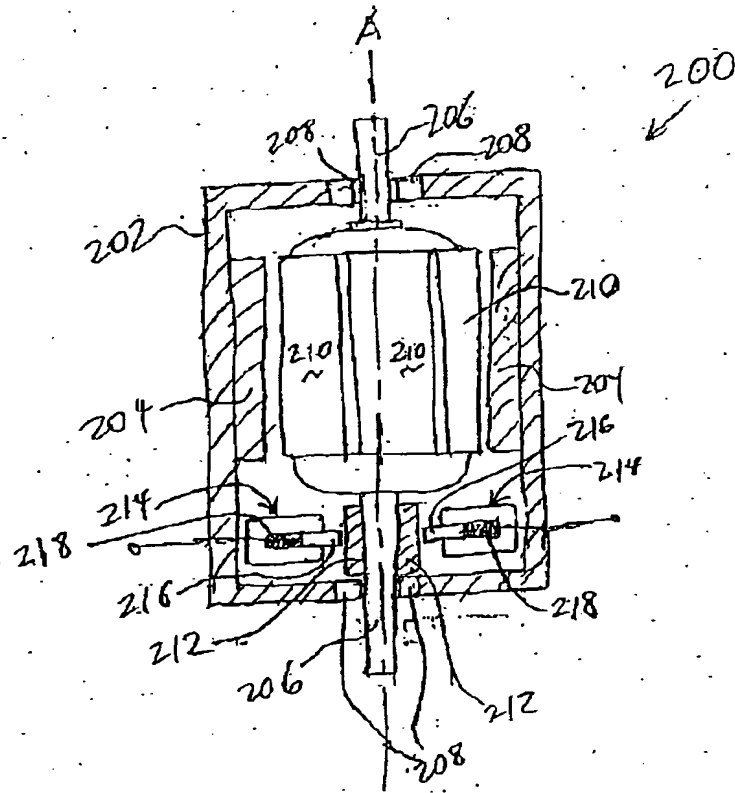
【図4a】



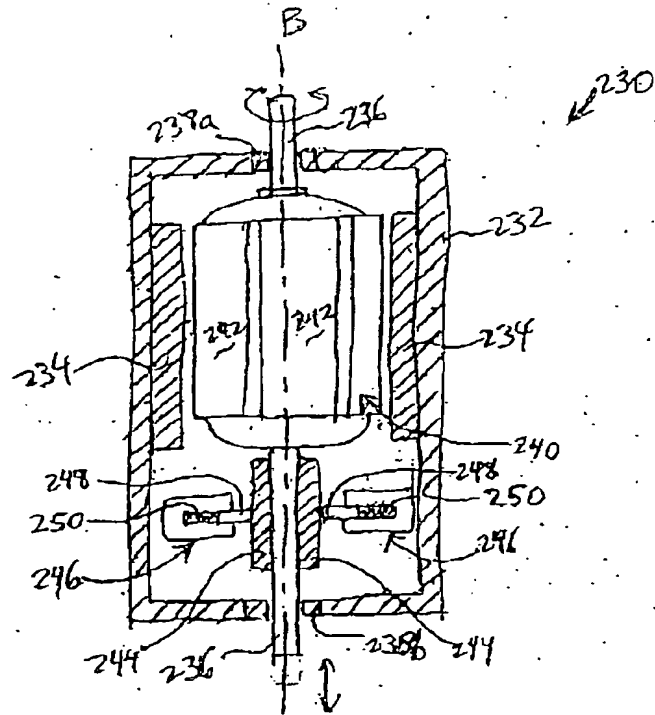
【図4b】



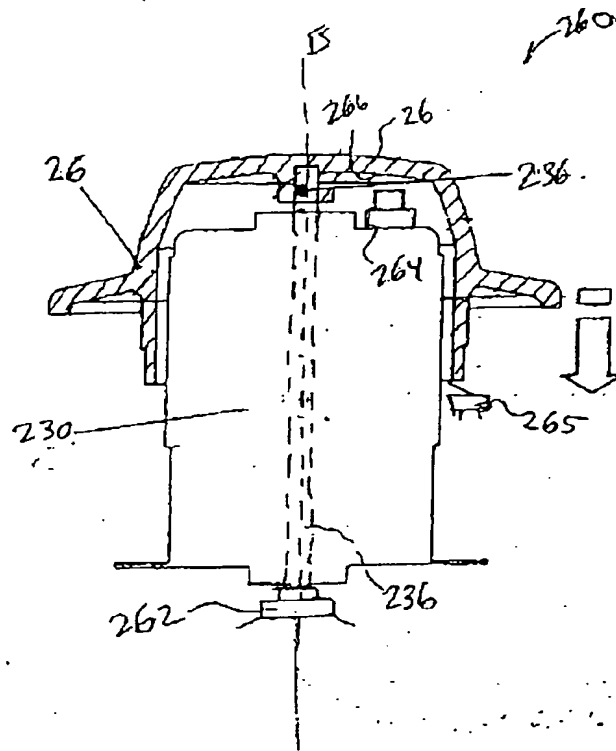
【図5】



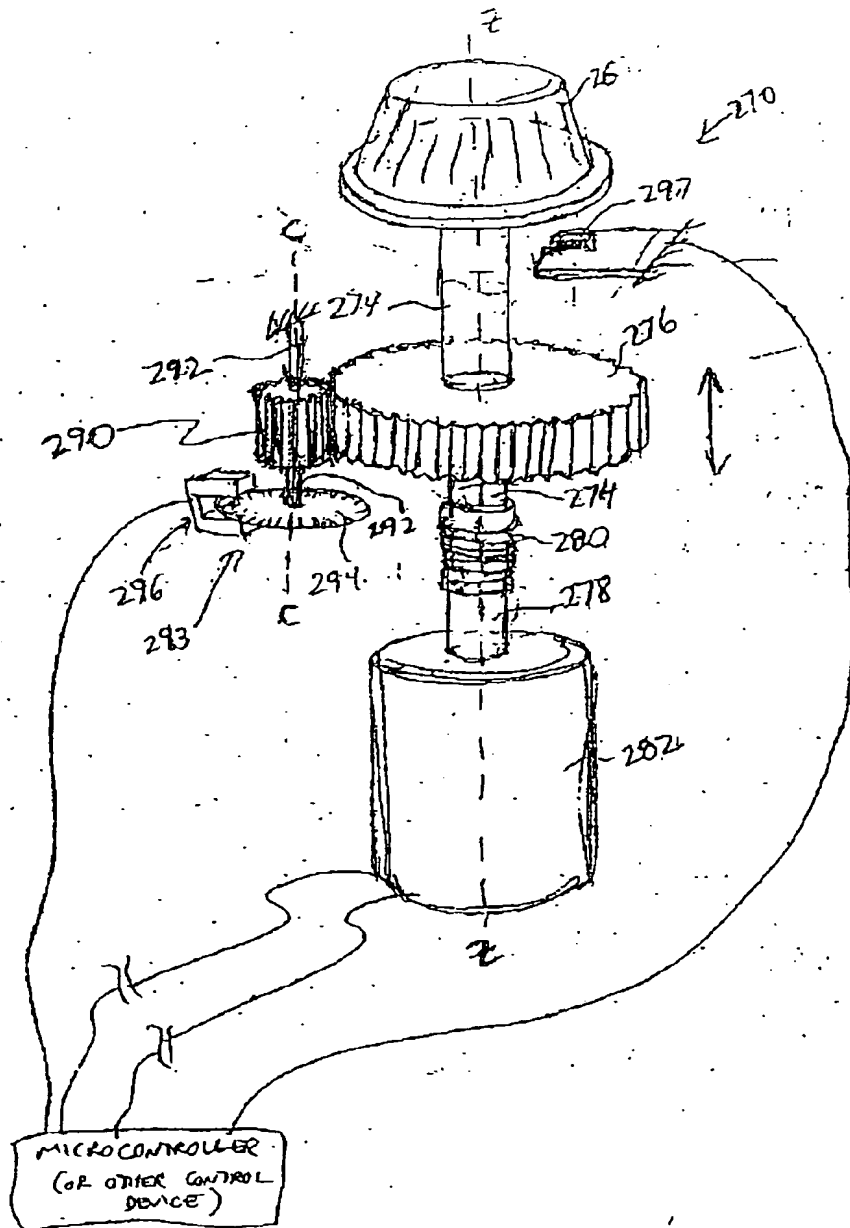
【図6】



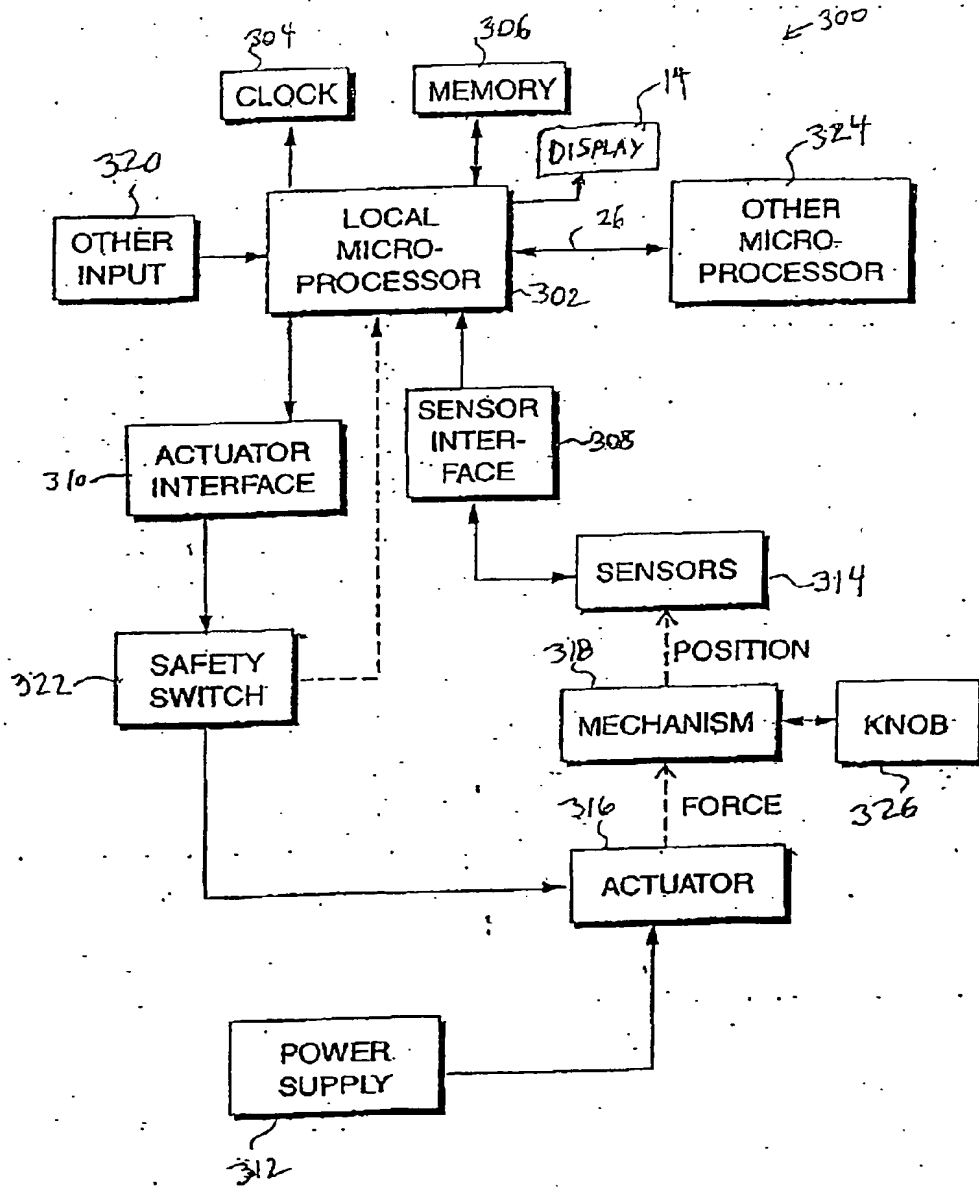
【図7】



【図8】



【図 9】



1. Abstract

Mechanisms for a control knob or other interface device providing additional degrees of freedom for the knob. One embodiment provides a rotatable knob moveable also in a lateral plane approximately perpendicular to the axis of rotation. A mechanism providing the lateral motion can include a gate member and a plunger member that engages grooves in the gate member. A rotational sensor detects a rotational position and a lateral sensor can detect a lateral position of the knob. Another embodiment provides an actuator that includes a shaft that is coaxial with the axis of rotation and which can be moved linearly along the axis of rotation with respect to actuator housing to accommodate linear motion of the knob. In another embodiment, a gear assembly including two interlocked gears is provided to transmit rotational motion from the knob to the sensor, and the interlocked gears translate with respect to each other when the knob is translated along the rotational axis.

2. Representative Drawing

FIG. 1

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-109558

(P2001-109558A)

(43)公開日 平成13年4月20日(2001.4.20)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 6 F 3/02

識別記号

F I

G 0 6 F 3/02

テーマコード(参考)

A

審査請求 未請求 請求項の数21 OL 外国語出願 (全 59 頁)

(21)出願番号 特願2000-248984(P2000-248984)

(22)出願日 平成12年8月18日(2000.8.18)

(31)優先権主張番号 60/149781

(32)優先日 平成11年8月18日(1999.8.18)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(31)優先権主張番号 60/159930

(32)優先日 平成11年10月14日(1999.10.14)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(31)優先権主張番号 60/182557

(32)優先日 平成12年2月15日(2000.2.15)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 500390995

イマージョン コーポレーション

IMMERSION CORPORATI
ON

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95131 サンノゼ フォックス レーン
801

(72)発明者 ヴァッサロ、ステイーブン ピー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94306 バロ アルト プライアント ス
トリート 3011

(74)代理人 100074332

弁理士 藤本 昇 (外2名)

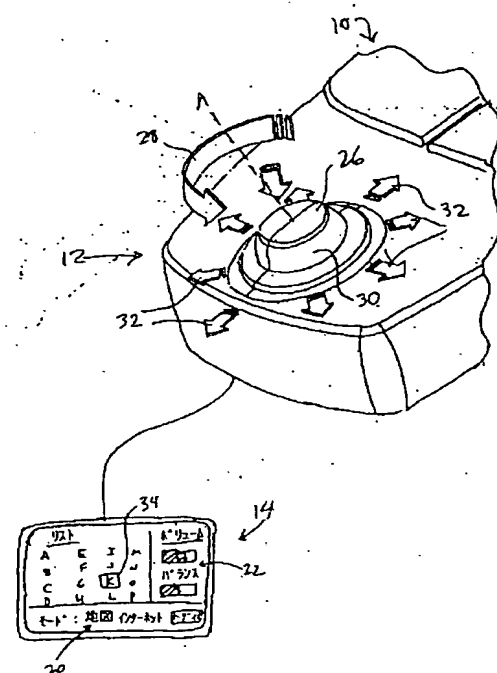
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御ノブ及び他のインターフェース装置に対する機構

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 ノブの付加的な自由度を提供する他のインターフェース装置又は制御ノブに対する機構。

【解決手段】 一つの実施例は、回転軸とほぼ垂直な横面においても可動な回転ノブを提供する。回転センサーは、回移動置を検知し、横センサーは、制御ノブ26の横方向の位置を検知することができる。他の実施例は、回転軸Aとほぼ同軸の駆動装置のシャフトを備える駆動装置を提供する。又、かかる駆動装置は、制御ノブ26の直線状の動きに対応するように、駆動装置の筐体と関連して、回転軸Aに沿って直線的に動かされ得る。他の実施例において、二つの組み合わせされたギアを備えるギアの組立ては、ノブからセンサーへ回転動作を伝達するために備えられ、そして、組み合わせされたギアは、制御ノブ26が回転軸Aに沿って動かされたとき、お互いに関連しあいながら伝達する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ノブを通じて伸びる軸の周りでの回転自由度において回転可能で、且つ、前記軸にほぼ垂直な、横方向の面内で可動であるノブであって、前記横方向の面内での前記ノブの前記動きに対して、特定の横方向の方向性を与える機構を備え、且つ、前記予め定められた横方向の方向性が、前記機構によって可能とされた前記横方向の面内での予め定められた複数の横方向の方向性の一つであり、且つ、前記機構が、ゲート部分とプランジャー部分とを備え、且つ、前記プランジャー部分が、前記ゲート部分の一つの側面と噛み合わされ、且つ、前記回転自由度における前記ノブの位置を検知する回転センサーを備え、且つ、前記特定の横方向の方向性における前記ノブの位置を検知することができる横方向のセンサーとを備えることを特徴とするノブ制御装置。

【請求項 2】 前記ゲート部品が、複数の溝を備え、且つ、前記溝の各々が、前記予め定められた横方向の方向性の一つと対応し、且つ、前記プランジャー部分が、前記溝の一つと噛み合わされてなる請求項 1 に記載のノブ制御装置。

【請求項 3】 前記ゲート部分と前記プランジャー部分の一つが接地され、且つ、他の前記ゲート部分と前記プランジャー部分とが、前記ノブと組み合わされてなる請求項 1 に記載のノブ制御装置。

【請求項 4】 前記ゲート部分と前記プランジャー部分とが、第一のゲート部分と第一のプランジャー部分であり、且つ、前記ノブを通して伸びる前記軸から離れて位置され、且つ、前記機構が、更に、前記第一のゲート部分と前記第一のプランジャー部分とは異なった側に位置される、第二のゲート部分と第二のプランジャー部分とを備える請求項 2 に記載のノブ制御装置。

【請求項 5】 前記第二のゲート部分が、前記第二のプランジャー部分と噛み合うために、表面に溝のない（ほぼ）円錐形に形成されてなる請求項 4 に記載のノブ制御装置。

【請求項 6】 前記予め定められた複数の横方向の方向性が、前記ノブが横方向に動き、且つ旋回しない真の横方向の方向性である請求項 1 に記載のノブ制御装置。

【請求項 7】 前記ノブが、前記回転軸に沿って直線的に動かされ、更に、前記回転軸に沿った前記ノブの動きを検知するためのセンサーを備える請求項 1 に記載のノブ制御装置。

【請求項 8】 前記ノブと組み合わせられ、且つ、前記軸の周りの前記回転自由度において力を出力するように作用する駆動装置を備える請求項 7 に記載のノブ制御装置。

【請求項 9】 前記ノブを通じて伸びる軸の周りで、回転自由度において回転可能で、且つ、前記軸にほぼ垂直な、横方向の面内で可動であるノブであって、前記横方向の面内で、前記ノブの前記動きに対して、特定の横方

向の方向性を与える機構を備え、且つ、前記予め定められた横方向の方向性が、前記機構によって可能とされた前記横方向の面内での予め定められた複数の横方向の方向性の一つであり、且つ、前記機構は、互いに関連しながら交軸方向にスライドし、更に前記横方向の面内で前記動きが可能となるように噛み合わされた、二つのスライダー部分を備え、且つ、前記回転自由度における前記ノブの位置を検知する回転センサーを備え、且つ、前記特定の横方向の方向性における前記ノブの位置を検知する横方向のセンサーを備えることを特徴とするノブ制御装置。

【請求項 10】 前記二つのスライド部分が、複数のキーとスロットを備え、且つ、前記キーは、前記スライダーの一つが、第一の横方向の自由度において動くことができ、更に、その他の前記スライダーが、第二の横方向の自由度において動くことができるように、前記スロットと噛み合わされてなる請求項 9 に記載のノブ制御装置。

【請求項 11】 前記機構が、ゲート部分とプランジャー部分とを備え、且つ、前記プランジャー部分が、前記ゲート部分の一側面と噛み合わされてなる請求項 9 に記載のノブ制御装置。

【請求項 12】 前記操作部を通じて伸びる回転軸の周りでの回転自由度において回転可能で、且つ、前記回転軸に沿って直線的に移動可能な使用者操作部であって、前記回転自由度における前記操作部の位置を検知する回転センサーが備えられており、且つ、前記操作部と組み合わせられ、更に前記軸の周りの回転自由度において、力を出力することができる駆動装置であって、前記駆動装置は、前記回転軸と平行なシャフトを備え、更に、前記シャフトは、前記操作部の前記直線の移動に対応して、前記回転軸に沿って直線的に動かされ、且つ、前記回転軸に沿った前記操作部の前記直線的な動きを検知するセンサーが備えられてなることを特徴とする触覚制御装置。

【請求項 13】 前記駆動装置の前記シャフトが、前記回転子と前記シャフトとが前記回転軸に沿って直線的に同時に動くように、前記駆動装置の回転子と強固に組み合わせられ、且つ、前記駆動装置の固定子が接地されてなる請求項 12 に記載の触覚制御装置。

【請求項 14】 前記固定子の磁石が、前記接極子が前記回転軸に沿った前記シャフトの位置に関連なく、いつも完全に前記磁石の磁場の中にあるように、前記回転子の前記接極子の長さより長くのばされてなる請求項 12 に記載の触覚制御装置。

【請求項 15】 前記駆動装置の整流子のバーが、前記駆動装置のブラシが前記回転軸に沿った前記シャフトの位置に関わりなく、前記整流子のバーと継続的に接触しているように、もし前記シャフトが動かないとしても、必要以上に十分な長さを有する請求項 13 に記載の触覚

制御装置。

【請求項 16】 前記駆動装置が、DC ブラシ型モーターである請求項 12 に記載の触覚制御装置。

【請求項 17】 筐体と複数の磁石とを備える固定子と、且つ、前記固定子と関連して前記回転軸に沿って移動が可能で、更に回転軸の周りで筐体の中で回転可能な回転子とを備えてなる、軸方向の移動が可能な回転駆動装置。

【請求項 18】 前記回転子が、前記筐体の中で回転可能な接極子を備え、且つ、前記シャフトは、前記回転軸と同軸であり、且つ前記接極子と組み合わせられ、更に前記接極子と共に回転するものであり、且つ、前記シャフトと前記接極子とは、前記回転軸に沿って移動可能である請求項 17 に記載の回転駆動装置。

【請求項 19】 使用者によって操作及び物理的に接触され、且つ、回転軸の周りで回転可能で、更に前記回転軸に沿って移動可能な操作部であって、前記操作部の前記回転を検知するセンサーを備え、且つ、ギアアセンブリが、二つの組み合わせられたギアを備え、且つ、前記ギアが、前記回転運動を前記ノブから前記センサーに伝達し、且つ、前記組み合わせられたギアが、ノブが移動させられたとき、互いに関連しあいながら移動することを特徴とする制御装置。

【請求項 20】 前記ノブに回転の力を出力する駆動装置を含む、請求項 19 に記載の制御装置。

【請求項 21】 前記回転が、電子装置のパラメーターや機能を操作するために、前記電子装置に種々の第一の信号を入力するために用いられ、且つ、前記移動が、電子装置のパラメーターや機能を操作するために、前記電子装置に第二の信号を入力するために用いられ、更に、前記移動の自由度において、前記ノブの少なくとも一つの位置を検知することができるセンサーを含む請求項 19 に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【背景と本発明】 本発明は、一般的にはノブ制御装置に関連し、より詳しくは力のフィードバック及び／又は追加的な入力機能を備える制御ノブ装置に関する。

【0002】 制御ノブは、多くの異なった型の装置において、多様な異なった機能に対して用いられる。しばしば、回転制御ノブは、ボタンやスイッチ制御などの他の型の制御装置に対しては適合しなかった使用者に対して、制御の度合いを提供する。例えば、多くの使用者は、ステレオや他の音出力される装置からの、音の出力の音量を調整するのに、回転制御ノブを使用することを好む。その理由は、このノブは、特にボタン制御に比べ、比較的容易に、細かくも又大まかにも音量の調節をすることを可能にするからである。回転ノブも直線（スライド）ノブも、例えば、キッチンや他の家内応用例、例えばビデオの編集／巻き戻し装置や、遠隔操作、テレ

ビジョン、コンピューターインターフェース制御装置など種々のものに用いられる。装置に対して付加的な制御を可能とする、押し込んだり引き出したりする機能を可能とする多くの型のノブもある。

【0003】 幾つかの制御ノブは、力の（運動感覚の）フィードバックや接触感覚のフィードバックが備えられており、これらは合わせて、ここでは“触覚フィードバック”と呼ぶ。触覚フィードバック装置は、ノブを操作する使用者に対して、肉体的な感覚を与える。典型的には、モーターは、ノブに連結され、そしてマイクロプロセッサのような制御装置に接続される。マイクロプロセッサは、ノブの位置と方向の信号をノブセンサーから受け取り、そして適切な力のフィードバック制御信号をモーターに送る。そして、モーターは、力をノブに提供する。このようにして、多様な制御可能な感覚が、例えば移動止めやバネの力のように、ノブに対して出力される。

【0004】 従来の技術の制御ノブについて生じる一つの問題は、ノブは、基本的な回転及び／又は押し引き動作に限られる点である。これは、使用者の制御の選択を、選択の多様性を許さないような単純な装置に限定する。大半の機械的なノブは、極めて限定された感覚しか持たない。言い換えると、それらは、インターフェースコンテキストによりながら、違いを感じる能力を有しない。加えて、もし力のフィードバックがノブに提供されると、ノブの限定された制御の機能性は、使用者が、望まれた機能に対しての更なる制御の提供するための、力のフィードバックを十分に駆使することを制限する。更に、よく知られた力のフィードバックに関するセンセーションの多くは、ノブから要求される選択機能の幾つかを取り扱うには不十分である。そこでは、しばしば、機能や選択に対する複合的な制御が、限定的なノブの動きと共に提供される。

【0005】

【発明の要旨】 本発明は、使用者が、多様な方法で装置の機能を制御することを可能とするような、ノブ制御インターフェースを提供する。ノブ制御装置の実施例は、ノブに対して追加的な自由度を与える機構を含んでいる。

【0006】 より詳細には、一つの実施例において、本発明のノブ制御装置は、ノブを通じて伸びる軸の周りで、回転自由度において、回転可能なノブを含んでいる。このノブは、軸に対してほぼ垂直な横平面においても可動である。機構は、横平面におけるノブの動きに、特別の横方向の動きを提供するものである。この機構は、ゲート部分とブランジャー部分とを備えることができる。ブランジャー部分は、特別な横方向を提供するために、ゲート部分と連動する。又、この機構は、互いに横にスライド可能に連動された二つの滑動部を含んでおり、又、この機構は、横平面における動きを可能にす

る。回転センサーは、回転自由度においてノブの位置を検知し、又横センサーは、特に横方向においてノブの位置を検知する。好ましくは、ゲート部分は複数の溝を備える。そして、それぞれの溝は、予定された横方向の一つと一致している。又、そこでは、プランジャー部分が溝の一つと連動している。幾つかの実施例において、ゲートとプランジャー部分は、ノブを通じて伸びる軸から離れたところに位置される。そして、第二のゲートとプランジャー部分は、更なる安定性のために、軸の反対側に位置される。好ましい実施例においては、駆動装置はノブと組み合わせられ、そして軸周りで回転自由度に力を出力する。

【0007】本発明の他の実施例は、新規の駆動装置や、そのようなものを備える装置を提供する。装置は、回転軸について回転自由度で回転可能で、回転軸に沿って直線的に移動可能な、例えばノブのような、使用者の操作部を備える。操作部と組み合わせられる駆動装置は、軸周りで回転自由度において、力を出力する。そして、そこでは、駆動装置は、回転の軸と同軸のシャフトを含んでいる。この駆動装置のシャフトは、操作部の直線的な動きに合わせるために、回転軸に沿って直線的に移動させられる。回転センサーは、操作部の回転位置を検知し、センサーは、回転軸に沿って操作部の直線的な動きを検知する。駆動装置のシャフトは、回転子とシャフトが回転の軸に沿って直線的に同時に動くことができるように、駆動装置の回転子と強固に組み合わせられている。そして、そこでは駆動装置の固定子が接地されている。

【0008】本発明の他の実施例においては、制御装置は、使用者によって操作されたり物理的に接触される、例えばノブのような操作部を含んでいる。そして、この操作部は、回転軸に沿って移動したり、回転軸の周りで回転することが可能である。センサーは、操作部の回転を検知し、又、二つの連動したギアを備えるギアの集まりを検知する。ギアは、ノブからセンサーに回転動作を伝え、ノブが動かされたとき、連動されたギアは互いに連動しあう。駆動装置は、ノブに回転の力を出力する装置の中に含まれる。

【0009】本発明は、使用者にとって、より優れた制御機能を有する制御インターフェース装置を提供する。ノブの直線及び横方向の自由度は、使用者に、その手をノブ等の操作部から離すことなく又極めて容易に、機能やセッティングやモードやオプションを選択することを可能とする。力のフィードバックも又、使用者により優れた制御を与えるため、及びタッチの感触を通じて、オプションやセレクションについて使用者に伝達するために、操作部に加えられる。駆動装置や伝達の革新は、操作部に、更なる自由度をもって動かされること、及び、がたや摩擦が殆どないことを可能とする。そして、このようにして、本発明の力のフィードバックの具体化を促

進する。

【0010】本発明のこれらの優れた点は、後述の発明の詳細の記述を読み、描かれた幾つかの図を検討することによって、このような技術を習得した者に明らかとなる。

【0011】

【望ましい実施例の詳細な記述】図1は、本発明の制御ノブを備える制御パネルである、電子装置に対する制御パネル12の一例の透視図を示している。この制御ノブは、装置の種々の機能を制御しようとする使用者によって操作される。記述された実施例において、この装置は種々の車のシステムに対する制御装置である。例えば、この装置に接続されたスピーカーからの音声出力機能、車に対する環境機能（空調や、暖房、その他）、車の設備を調整したり動かしたりする機械的な機能（鏡、座席、サンルーフ、その他）、車の中で用いられる視覚的機能（地図の表示、車両の状況表示、メニューやリストの選択、ウェブページの表示やナビゲーション、その他）、車のセキュリティーや安全等のその他の機能。例えば、この装置の共通の機能は、一つ又はそれ以上の媒体又は信号からの音を再生することである。例えば、カセットテープ、デジタルオーディオトランスミッション（DAT）テープ、コンパクトディスク（CD's）、他の光ディスク、ラジオ、放送局や無線ネットワークリンクから空気を通じて伝わる他の信号。この装置は、車両からの情報や、車両の他のシステム等からの影響を表示する能力を含みうる。

【0012】或いは、制御された装置は、他の電子装置やコンピューター装置の多様なものとなる。例えば、この装置は、家庭機器になり得る。例えば、テレビジョンセット、電子レンジや他の台所機器、洗い機、乾燥機、ホームステレオコンポーネントやホームステレオシステム、ホームコンピューター、パーソナルデジタルアシスタント、セルラーホン、テレビのセットトップボックス、ビデオゲームコンソール、あらゆる装置へのリモート制御、パーソナルコンピューターやコンソールゲームに対する制御装置やインターフェース、ホームオートメーションシステム（照明、ガレージドア、鍵、機器、その他）、電話、コピー、模型の車のようなリモート制御される装置に対する制御装置、おもちゃ、ビデオやフィルムの編集や再生システム、その他。この装置は、物理的に制御パネル12に組み合わせられる。又は、このパネル12は、この装置から物理的に離され、ワイヤーやケーブルやワイヤレス送信機や受信機その他を通じて伝えられる信号を用いる装置と通じうる。この装置は、車、家、事務所、実験室、アーケード、病院、他の場面で使用され得る。

【0013】制御パネル12は、制御される装置の機能を操作するために、使用者によってアクセス可能である。パネル12は、例えば、ダッシュボードの上や下等

の車両の内装や、車のセンターコンソールや、他の便利な場所に用いられる。或いは、パネル12は、それ自身、例えばステレオユニット等の、制御される装置の外部ハウジングの表面にもなり得る。

【0014】ディスプレイ14は、制御された装置やシステムや及び／又は装置に接続された他のシステムと関連している使用者に情報を与えるように、制御された装置及び／又はパネル12に組み合わされている。例えば、オプションやモード20は、装置のどの機能が今選択されているのか、及びノブの操作を通じて調整されようとしているのかの示すために表示される。そのようなオプションは、“オーディオ”、“地図”、“インターネット”、“電話”、“パワー”、その他、及び、一つのモードの選択はサブモードのメニューを導くこともできる。例えば、現在のオーディオボリューム、オーディオバランス、ラジオチューナーのラジオ周波数、その他、等の他の情報22も表示されうる。更に、装置の付加的な機能に関連する、あらゆる情報も表示されうる。例えば、使用者が制御パネル12を操作することによって選択することができるアイテムのリスト24等である。幾つかの実施例では、地図や同様の図の表示は、使用者が、車両を操縦することが可能のようにディスプレイ14に表示されうる。他の実施例において、ディスプレイ14は、ホストコンピューターによって制御される他のグラフィカルな環境や、グラフィカルユーザーインターフェースを表示する、分離したモニターとなることもできる。ディスプレイ14はあらゆる好ましい表示装置となり得る。例えば、LEDディスプレイ、LCDディスプレイ、ガスプラズマディスプレイ、CRT、他の装置。幾つかの実施例において、ディスプレイ14は、使用者が、ディスプレイ14の表面に表示されたイメージを直接“タッチ”することによって、それらの表示や関連した設定や機能を選択することができるように、接触感応式の表面を備えることができる。

【0015】制御ノブ26は、使用者が直接、機能进行操作したり、装置をセッティングすることを可能とする。ノブ26は、記載した実施例において、使用者が携わることができる、おおよそ円筒形のものである。ノブ26は、替わりとして、多様な異なったものによっても実施され得る。それらの中には、円錐形、球形、ダイヤル、立方体、棒、その他が含まれる。又、ノブ26は、その表面に、多様な異なった構成のを備えることもできる。それらの中には、凹凸、線や他のグリップ、や周辺の表面から伸びた突起や部分が含まれる。加えて、如何なる多様な異なったサイズのノブが提供され得る。例えば、もし、大きな大きさの力がノブに出力されると、大きな直径の円筒型のノブが、しばしば、使用者が装置に調和することをより容易にする。記載した実施例において、ノブ26は、例えば、軸A、矢印28に示されるように、ノブから延長する軸の周りで単一の回転自由度で、

回転する。使用者は、好ましくは、ノブ26の周辺表面30を握ったり触れたりして、それを望ましい量だけ回す。力のフィードバックは、以下により詳細について記載するように、幾つかの実施例において、この回転自由度において提供される。マルチプルノブ26は、他の実施例においてパネル12の上に提供される。そして、それぞれのノブは、異なる又は同様の制御機能を提供する。

【0016】更に、本発明の制御ノブ26は、使用者に対して付加的な制御機能を可能にする。このノブ26は、好ましくは、回転軸Aに対して、ほぼ垂直（直交）する面において、一つ又はそれ以上の方向に、使用者によって動かされ得ることが好ましい。（“交軸方向”や“横方向”な動き）この横方向の動きは、矢印32によって示されている。例えば、ノブ26は、示された4つの直交方向と、4つの対角方向に動かされ得る。又、他の実施例においては、例えば示された2方向のみその他、前記より少ない又は多い方向に動かされ得る。一つの実施例では、ノブのそれぞれの横方向は、パネによって荷重されている。そして、それによって、ある一方向32に動かされ、そして、使用者が手を離したり、ノブに十分な力を働かせることを止めたりすると、ノブはその中心の静止位置に戻る。他の実施例では、ノブはそのようなパネによるバイアスなく提供されるので、ノブ26は、使用者が積極的に新しい位置にそれを動かす迄は、あらゆる位置にも留まり得る。

【0017】このノブ26の横方向の動きは、使用者に、制御された装置の更なるセッティングや機能を選択することを可能とする。幾つかの実施例では、ノブ26によってもたらされる更なる制御オプションは、従来はボタンに割り当てられていた機能がノブ26に割り当てられるので、他の多くのボタンやつまみが省かれ得る。例えば、使用者は、ディスプレイ14上のカーソル34や他の視覚的なインジケータ（例えば、ポインター、セレクションボックス、矢印や、選択された文字やイメージの高輝度表示）を、ディスプレイ上の望まし選択に移動させることができる。

【0018】カーソルによる位置づけモードに加えて、ノブ26の横方向の動きは、セッティングの値や強度を直接制御することが可能である。例えば、ノブ26の左方向への動きは、もし、使用者が、継続的にノブ26を左の方向に保持すると、予め定められた割合で、値が減少するとき、ラジオ局の周波数値を減少させたり、音量レベルを調整することができる。ノブ26の右方向への動きは、同様にして、値を増加させることができる。他の例において、ひとたび、情報セッティングの一つが選択されると、サブメニューが表示されたり、そしてノブ26の方向32は、空気の温度、タイマー、表示された地図の上のカーソル、その他を調整することができる。

【0019】他の実施において、8つの方向のそれぞれ

は、サブメニューのカテゴリーに対応したり、又、ノブの回転が選択されたメニューの中でオプションを選択するために用いられるときは、横方向のそれぞれは、新しいメニューを選択するためのみに用いられる。例えば、“オーディオ”、“地図”、“温度”、及び“セルラーホン”等のカテゴリーは、車環境において提供されたり、横方向に割り当てられたりし得る。一度ノブが一つの横方向に動かされると、サブメニューのカテゴリーが選択され、そして、例えば、ノブは、カーソルをリストの中で動かしたり、機能を選択したり、値を調節したり、その他のことをするために、回転され得る。他の制御体系も、用いられ得る。一つの実施例において、ノブは、中心位置から各々の8方向に、小さな距離だけ横方向に動きうる。他の動きの距離は、他の実施例において実施され得る。

【0020】異なったモードも実施され得る。例えば、初期モードは、使用者に、ノブの方向32を用いながらカーソル34を制御することを可能とする。一度カーソルが望ましいセッティング、例えば音量セッティングに位置されると、使用者は、モードを、例えば値を調整するように、方向32がセッティング自身を制御することが可能となるように変更することができる。モードを変更するには、あらゆる望ましつまみが用いられ得る。例えば、使用者は、モードを選択するためにノブ26を押すことができる(下記)。他の実施例において、使用者は、モードを切り替えるために別個のボタンを押すことができるし、或いは、方向32の幾つか又は全てのものが、モードを選択するために用いられ得る。例えば、下の方向は、使用者がボリュームを調整するためにノブを回すことができるように、“ボリューム”モードに変えるようにしたり、上方向は、“ラジオ周波数調整”モードに変更可能であったり、左方向は、“バランス”モード(ノブ26を回転させてオーディオの出力に対するスピーカステレオのバランスを調整するため)に変えるようにする。

【0021】加えて、制御ノブ26は、望ましくは、軸A(又は、軸Aとほぼ平行)に沿っての自由度において、押されたり(及び/又は引かれたり)され得る。そして、この動きは、軸方向のスイッチやセンサーに伝達される。これは、使用者に、彼又は彼女のグリップをノブから離す必要なく、機能やセッティングを選択する更なる方法を提供する。例えば、望ましい一つの実施形態では、使用者は、ノブ26の交軸方向32又は回転を用いて、ディスプレイ14上のカーソル34又はインジケータを動かすことができる。カーソルがディスプレイの望ましいセッティング又は領域に動かされているときは、使用者は、望ましいセッティングを選択するためにノブ26を押すことができる。これは、マウスボタンがコンピューターのグラフィカルユーザーインターフェースの中のアイコンを選択するのとよく似ている。又は、

押したり引いたりする機能は、上述のモードを制御することに有益となり得る。なぜなら、使用者は、それがブッシュモードにある間に、単にノブを押したり、ノブを回したりし、そして後に、他のモードを選択するためにノブを離したり、元に戻すからである。上述したモードはノブ26を押したり引いたりすることによって切り替えられ得る。ノブ26の押したり及び/又は引く機能は、バネの戻る偏向によってもたらされ得る。そして、それによって、ノブは、使用者がノブを手放した後、その静止位置に戻る。かわりに、ノブは、使用者が積極的にノブを新しい位置におくまでは、押された又は引かれた位置に留まるように実施され得る。

【0022】ノブ26は、好ましくは、少なくともノブの回転自由度において、力のフィードバックと共に提供される。ここに記載された触覚を有するノブインターフェースの一つの完成型は、一つの触覚ノブで、使用者が、直感的に幾つかのインターフェースモードを制御することを可能とする。これは、使用者のインターフェースの状況にはっきりと応答するようにノブの感度を調節することによって、使用者は、複雑なメニューやモードを通じて、より容易に操縦することができる。例えば、他のモードは、ジョグシャトルのバネの中心感覚を有しうるのに対して、幾つかのインターフェースモードは、回転止めの触覚感覚を有し得る。触覚と比喻されるものと同様のものを提供することによって、この多様なフィードバックは、はっきりとした、上等な使用者の経験をもたらす。この駆動装置は、望ましくは、駆動装置を駆動するパワーエレクトロニクスやアンプの、電圧や電流を考慮しながら、最大のトルクを提供できるように設計される。

【0023】更なる制御ボタン(示されず)や他の制御装置は、又、使用者が装置の異なった機能やセッティングを選択することができるように設けられ得る。例えば、それは、ダイヤル、ノブ、直線スライドノブ、ハットスイッチ、その他を備える。そのような更なる制御は、制御ノブ26と共に、更なる選択及び調節機能を提供するために用いられる。

【0024】本発明の一つの実施例は、音声認識やコマンド機能と共に、ここに記載された感触ノブの実施のあらゆるものを提供する。音声認識/翻訳ソフトウェア/ファームウェアは、その技術分野において技術を有するものにはよく知られているように、装置やインターフェースの一つ又はそれ以上のプロセッサ上で走ることができる。機能の幾つかの型は、声と触覚によって高められた感覚との組合せと共に制御することに非常に相性が良い。例えば、オーディオモード、温度制御モード、その他などのモードは、声によって選択されることができる。そして、しかしながら、使用者は、例えば、ラジオのボリューム、温度のセッティングその他の機能の値を調節するために、触覚ノブを用いることができ

る。この実施例は、幾つかの選択や調節は、声でなすことがより容易で、それに対し、他のものは手動の制御を用いてなすことが、一般的にはより容易であることを表す。加えて、このような実施例は、使用者の注意が、運転などの他の仕事から移行することを最小限にしながら、装置に対する制御を最大限とすることができる。

【0025】このノブに用いられるセンサーは、二つの基本的な目的を有する。位置と方向の情報（そして、幾つかの実施例において、速度及び／又は加速情報）を、真実に近い触覚の影響（位置に基礎をおく影響に対して）を生み出すために、ローカルやホストのプロセッサに伝達すること、ノブの位置情報を、ホストによる実施がなされている環境で、選択や操作に関するホストコンピュータやプロセッサに伝達することである。触覚の影響は、高い解像力を有するセンサー、例えば全回転あたり少なくとも1000カウント、が用いられるときに最高の性能を発揮する。なぜなら、ノブは、好ましくは、回転動作の無限の幅を有する継続的な回転装置であることが好ましいので、継続的なターンのポテンシオメーターよりむしろエンコーダーが、最大値と最小値との間の移動におけるエンコーダーの正確さや誤りの低さから、望ましい。他の型のセンサーも、もちろん、他の実施例において用いられ得る。それらには、磁気センサー、アナログポテンシオメーター、その他が含まれる。幾つかの実施例においては、図2を参照し、下記に記載したように、例えば、ベルトドライブ、キャプスタンドライブその他のように、高い増幅トランスミッションがより優れた分解能を提供するために用いられることができる。

【0026】例えば、スプリング力、ダンピング力、バリアー力、振動、戻り止め、引力その他の、力の影響や感覚の多くの異なった型が、ここに記載されたノブの機構を用いる使用者に対して、出力され得る。

【0027】

【ノブの機構の実施】幾つかのノブの機構の具体例は、下に記載される。下記の実施例は、本発明の唯一の実施例ではないことは、注意されるべきである。例えば、幾つかの実施例は、ノブ26の交軸方向の動きのみを含み、押したり及び／又は引く機能や力のフィードバック機能は含んでいない。しかし、他の実施例は、交軸方向のノブの動きと合わせて力のフィードバックのみを含んだり、押したり及び／又は引く機能と合わせて力のフィードバックのみを含んだりし得る。

【0028】図2は、使用者にとって触覚フィードバックをも与える本発明の制御ノブ26の機構の最初の実施例50の、遠近法による解体図である。具体例50は増大したトルクに対して、ベルト伝達を用いている。例えば、4対1の同期性のベルト伝達が、一つの実施された実施例において、実施されている。これは、スティッフ エンドストップ 効果を伴った効果を生じることに

対して有効である。

【0029】制御ノブ26は、スイッチプレート52、トップケース54、トップシリンダー56、トップクラッチ58、ミッドクラッチ60を通じて伸びる垂直方向のシャフトや軸53を動かす。パラレルミスアライメントクラッチは、トップクラッチ58、ミッドクラッチ60、ボトムクラッチ62からなり、ノブ26が横向きに動かされ得る間、ノブの機構の駆動装置と埋め込まれた部分が固定されていることを可能とする。垂直シャフト53は、その一端はスイッチプレート52と、又他の端はトップクラッチ58と強く組み合わせられており、そして、シャフトは、ノブの直線的な軸の動きに対するガイドとして機能する。ノブ26の孔部は、スイッチプレート52からでた凸部に合致し、そして、ノブがプレート52にトルクを提供することを可能とし、しかし、ノブがプレート52に関して軸方向に動くことを可能とする。ミッドクラッチ60は、トップクラッチ58の鍵63と合致する溝61を含んでおり、そしてノブが一つの横方向の自由度（二方向）において動かされることを可能とする。同様に、ミッドクラッチ60は、ボトムクラッチ62上に提供された鍵67と合致する最初の溝から、90°の位置におかれた二つの異なった溝65を含み、そして、ノブが他の横方向の自由度に動かされることを可能としている。ノブ26によって提供される横方向の自由度は、“真の”横方向の自由度である。すなわち、ノブは、直線的に横向きにスライドし、そして、ノブを回転するように軸の上におくことによって、横向きの動きに近づかない。そのような真の横方向の動きは、横方向の比較的長い距離がもたらされたとき、良い感触となる傾向がある。

【0030】丸いポーションやプランジャー（示されず）は、図3bに参照され下に記載されたゲートやプランジャーと同様に、ノブ26から下に伸びた垂直シャフトの端に備えられ、そして、ノブを望ましい8つの横向きの方向に制約する多くの溝を有し、回転軸に中心がおかれたゲート64に接続している。他の実施例において、ゲートは、ノブの許された横向きの方向の異なった数にために、溝の数が少ないものや多いものを含みうる。部品、26、52、56、58、60、62は、（ノブ26のように）これらの部品の何れか一つでも回転させられた際、全てのこれらの部品が一致して回転させられるように、これらの部品のうちの少なくとも他の一つを組み合わされたり接続されたりする。センサー（示されず）も又、好ましくは、横向きの方向のノブの動きを検知するために含められる。そのような横向きのセンサーは、例えば、光センサー、ホールエフェクトセンサー、接触スイッチ、スティック制御装置スイッチその他、動きを検知するために用いられる標準的なセンサーのうちいずれのものでも良い。例えば、横向きのセンサーは、90°離してトップスライダー56の周辺の近

くに位置された接触スイッチになり得る。そして、スライダ 56 が、ノブと共に横向きに動かされたとき、接触スイッチの一つ又は二つはノブの経路において閉じられる。

【0031】ドライブプリー 66 は、ベルト 68 によってボトムクラッチ 62 に接続されている。そして、ドライブプリーは、例えば DC モーター、ムービング磁石駆動装置、ボイスコイル、パッシブブレーキ、他の型の駆動装置のような、備えられた駆動装置 70 のドライブシャフトに組み合わされる。駆動装置 70 は、このようにして、ドライブプリー 66 を回転させる（又は、もし駆動装置 70 が壊れていると、回転を阻害する原因となる）。そして、ドライブプリー 66 は、ボトムクラッチ 62 とノブ 26 とを回転させる。エンコーダーディスク 72 は、ドライブプリー 66 に組み合わされ、そして、ドライブプリー 66 と共に同時に回転する。エンコーダーディスク 72 は、ホイールのマークや溝が通過することを検知することによって、マイクロプロセッサ又はその他の制御装置で、ノブの回移動置の決定が可能となるように、エンコーダー光センサー 74 の内側で回転させられるエッジを含んでいる。ボトムケース 76 は、駆動装置 70 とドライブプリー 66 との間に位置されることができ、そこでは、ボトムケース 76 は、他の部品の大半を覆うハウジングを形成するべくトップケース 54 に取り付けられる。

【0032】ノブ 26 は、例えばノブが、示されたように、凸部を伴ったスイッチプレートと、組み合わされるように、スイッチプレート 52 と関連して軸方向に直線的に動かされ得る。コンタクトスイッチ（示されず）は、いつノブ 26 がプレート 52 に対して押されたかを検知するために、スイッチプレート 52 の上に位置され得る。メカニカルスイッチの本来のバネは、使用者からの力が何ら与えられていないとき、ノブを“上”の位置に保つことができるように、ノブにバネの戻り力を提供することができる。センサー及び／又は付加的なバネのその他の型も又、使用され得る。

【0033】機構 50 の他の利点は、ノブ 26 に関連してエンコーダー 72 と 74 の位置である。このベルトドライブ伝達は、ノブの回転を増幅し、エンコーダーの分解能を増加させるのに役立つ。例えば、ノブ 26 の 1 回転は、エンコーダーホイール 72 の数回転を提供する。伝達の他の型は、分解能や力の出力を増幅させるために、他の実施例において用いられる。例えば、キャプスタンケーブルドライブ、ギア、フリクション、オーリング又はタイムベルトドライブが用いられ得る。

【0034】実施例 50 の他の優位な点は、高いホールディングトルク、非常に拡張性のあるメカニカルデザイン、伝達の増幅の使用のための小さく／高価でない駆動装置、ドライブ伝達の増幅のための改良されたエンコーダーを備える。これらは、幾つかの欠点も有している。

例えば、機構は、その機構を収納するために、ハウジングに顕著な深さを必要とすること、ベルト伝達において本来的に摩擦があるてん、ドライブ伝達は、装置の複雑さを増大させるてん、そして、動く部品のより多い接合は、結果として装置内により大きなバックラッシュを生じるてんである。更に、この実施例は、他の実施例としてここに記載されたアキシアルムービングモーターシャフトには適さない。

【0035】他の替わりの実施例においては、ノブ 26 の交軸方向又は横方向の動きの一つ又はそれ以上が駆動され得る。例えば、直線的な又は回転的な駆動装置は、交軸方向における回転自由度、一つ又は両方の方向（ノブの真ん中の位置に向かって、及び真ん中の位置から離れて）において力を出力するために提供される。例えば、一つ又はそれ以上の磁気駆動装置又はソレノイドは、これらの交軸方向における力を提供するために用いられ得る。同様に、他の実施例において、軸 A に沿って、ノブ 26 の引いたり及び／又は押す動きは、駆動される。例えば、ジョルト力が、使用者がノブを押すことによって軸 A に沿っての直線自由度においてノブに対して出力される。又、バネ部 64 によって提供されるバネの戻り力は、マイクロプロセッサによって制御される駆動装置を用いることによってかわりに出力され得る。

【0036】図 3 a は、ノブ 26 に対する機構の第二の実施形態 80 の分解された遠近図である。機構 80 は、低減された摩擦と高い忠実性のために、ダイレクトドライブモーターを実施している。この設計は、図 2 の実施例 50 とは異なり、伝達やクラッチの部品は有しておらず、又、それによって、バックラッシュと摩擦の両者の影響を取り除くことができる。しかしながら、これは、一般的に、図 2 の実施例に比べて、低いトルクの出力及び感覚の分解能の結果をもたらす。この設計の減少されたトルクの出力は、高いレベルの電流の短い持続性が、より望ましくなることを許す電流制御アルゴリズムの使用を可能とする。

【0037】使用者によって触れられるノブ 26 は、ノブプリー 82 に直接組み合わせられ、そしてノブプリー 82 は、次に、図 2 の駆動装置 70 と同様に、駆動装置 84 のローティングシャフト 86 に直接組み合わせられる。セレクトスイッチ 88 は、ノブプリー 82 とモーター 84 との間に提供されるスイッチブラケット 90 の中に提供される。このセレクトスイッチ 88 は、いつノブが押されたかを制御された装置が検知することができるように、使用者がノブを押し、そしてノブを回転軸に沿って直線的にノブを動かしたときに、プリー 82 によって接続される。セレクトスイッチの一つの例は、図 7 の参照の下より詳細において記述される。ノブの軸方向のバネの中心かの力は、好ましくはセレクトスイッチ 88 によって提供される。

【0038】エンコーダードライブベルト 92 は、ノブ

ブリーに組み合わされ、エンコーダーブリーディスク94を動かす。そして、エンコーダーブリーディスク94は、接地されたエンコーダプリント集積版(PCB)アッセンブリー96のディテクターとエミッターとの間で回転する。トップスライダー98は、駆動装置84の筐体の周りに位置させられ、下側に接してゲート100を備える。そして、ゲート100は、プランジャー102に組み合わされる。ゲート100とプランジャー102は、図3を参照しつつ記述されている。プランジャー102は、好ましくは、ボトムケース104の開口部において、バネ荷重をかけられ、そして、ボタンスライダー106は、ボトムケース104とトップスライダー98との間に位置される。ボトムスライダーとトップスライダー98は、ノブ26と駆動装置84とが共に8つの横方向(ノブの回転軸に垂直)に動かされるように、互いに関連しながら交軸方向にスライドする。スロット101とスライダーの部品の中及びボトムケース104の中のキー103はこの軸方向の動きを可能とし、そこでは、スロットとキーは交軸方向の動きが可能である。プランジャー102とゲート100の相互作用は、下に詳細が記述されるように、又望ましい横方向の方向にノブを規制する。

【0039】プランジャー102とゲート100は、図2の実施例50におけるゲートとプランジャーとは異なり、機構の回転の中心軸からずれたところにある。幾つかの実施例では、これらの部品の離れた性質は、ゲートの中心付近で、ノブの幾つかの回転を持ち込む。そのような実施例において、第二のゲート(示されず)とバネで荷重されたプランジャー105は、機構により大きな安定性とより少ない遊びと振動とを提供するために、現存するゲートとプランジャーに対して、スライダー98と106の反対側に提供されることが望ましい。望ましい実施例において、ゲートの中でただ一つが、ガイド目的のための溝を含み、他のゲートは、なだらか、窪んだ、円錐に形作られた下辺を有している。

【0040】トップケース108は、ノブ26の下側に位置させられ、そして機構の大半を覆う筐体を提供するためにボトムケース104に組み合わされう。好ましい実施例において、トップスライダー98は、突き出た部品109の丸い表面を備える。そこでは、丸い表面はノブ機構の横方向スライドの動きに対しての安定性を提供するために、トップケース108の下面に接触している。

【0041】メインのPCBアッセンブリー110は、回路や、機構80に対して必要な他の電子部品を保持するために用いられる。加えて、8つの横方向の方向において、ノブの動きを検知するための横方向のセンサーは、小さな棒状の制御装置112の形をとる。制御装置112は、接地されたPCBアッセンブリーと組み合わされるベースと、トップスライダー98の受け手の中に

伸びる棒状部を備える。トップスライダー98が8つの横方向の方向に動くにつれ、制御装置112の棒状部は、対応した方向に動き、制御装置112の中のセンサーはこの動きを検知する。他の実施例において、センサーの他の型は、横方向のセンサーとして用いられる。例えば、光ビームセンサー、接触スイッチ又はセンサー、ホール効果センサー、光エンコーダーその他がある。

【0042】実施例80の優位な点は、低い摩擦を含み、これは、力とノブのスムーズな感覚をもたらす。そして、これは、駆動装置84が、何らのドライブ伝達なくして直接にノブをドライブすることによる。加えて、高い検知分解能は、ノブの一回転が、エンコーダーホイール94の数回転にあたる、エンコーダーと共に用いられるベルトドライブ伝達(ベルト92を備える)によることが見いだされている。機構も、図2の実施例より単純であり、又筐体の中により少ない場所しか要求しない。そして、それは、車や他の乗り物でのアームレストコンソールのように、場所の限られた位置においては優位な点となる。更に、実施例80は、図6を参照し述べられる、軸が動くシャフトモーター発明と共に直接用いられる。欠点は、より少ないホールディングトルクにあり、装置は、モーターの温度をモニターするために、より洗練された(及びそれ故高価な)エレクトロニクスを必要とする。

【0043】図3bは、図3aの実施例のゲート100とプランジャー102を描いている。ゲート100は、下側にくぼみと、下側にあけられ、ゲートの下側の中心から放射状に広げられた多数の溝120とを備える。ゲート100は、プランジャー102のチップ124が、溝によって接触されるように配列されている。すなわち、溝の一つ又は溝の間のセンターカップ112の中に押し込まれる。溝120は、ノブ26の横方向への移動に対して望ましい方向に提供されている。このようにして、もし8つの方向が望まれるのであれば、望まれる方向の中で8つの異なった溝が提供される。プランジャー102は、好ましくは、常にプランジャー102とゲート溝120との間の好ましい接触を提供し、又ゲートのガイド機能をより良く可能とすべく、ばね荷重される。

【0044】実施において、使用者がノブ26を横方向に動かしたとき、ゲート100は、ノブ26と駆動装置84と共に動く。備えられたプランジャー102は、溝120の中でゲート100に噛み合わされ、プランジャー102が8つの溝120のうちの一つに留まるように、ゲート100が動かされるように力を加える。このようにして、ゲートは、8つの望まれる方向の中の一つの方向のみに動かされ得る。そして、次には、ノブ26に、それらの8つの横方向の中で一方向に動かされるように力を加える。

【0045】実施例80の他の実施例130は、図3c

に示される。そして、これは、ノブ機構に対する異なった検知機構を提供する。実施例 80 と同様に、ノブ 26 は、駆動装置 132 のドライブシャフトに直接組み合わされる。トップスライダー 134 とボトムスライダー 136 は、8つの方向のノブの横方向の動きを可能とする。そして、そこでは、スライダーのアパーチャー 138 は、アパーチャーを通じて伸びるポスト 139 と関連して、スライダーがスライドすることを可能とする。ボールボタン 140 は、図 3a 及び 3b に示されるゲート及びプランジャーと同様に、ノブの動きを、望ましい横方向に制約するために、ポスト 141 の中に備えられ、スライダー 136 のボトムにゲートと噛み合わされるように上向きに伸びている。ゲートとプランジャーが、図 3a と実施例と同様に、回転軸の中心から離れているので、第二のプランジャー及び（好ましくは、溝のない）ゲートは、安定性とよりタイトな動きを提供するために、機構の反対側に提供され得る。

【0046】エンコーダーディスク 142 は、駆動装置のドライブシャフトのボトムに設けられる。エンコーダーディスクのアパーチャーとマークは、エミッター/ディテクター（示されず）のようなセンサーに関連して、エンコーダーの移動の間、ノブの位置、すなわち、ノブのすべての軸方向の直線上の位置を検知することができるように、垂直に（軸方向に）配置されている。例えば、マークやアパーチャーの薄いバンドは、アパーチャーとマークの経路を検知するためのエミッターとディテクターと共に提供される。このようにして、この実施例は、軸方向のノブの動きを提供する、あれらの実施例に対して適合しうる。その中では、センサー（及び、幾つかの実施例において駆動装置）はノブと共に軸方向に動く。他の実施例において、薄いバンドのアパーチャー及びマークのかわりに、透明な堅い金属が、センサーに用いられる。そして、そこでは、検知器は、リッジの経路からの放出されたビームにおける変化を検知する。例えば、カリフォルニア、サンフランシスコのカルナは、マークやアパーチャーと同様に機能する、おおよそギザギザの形をしたねじ山を有する光センサーを提供する。しかし、それは、環状のバンドがより容易に形成されることを可能とし、そして、本発明に適合しうる。

【0047】図 4 は、図 3 に実施例 80 又は図 3c の実施例 130 が用いられ得る、組み立てられた筐体の、他の例を示す、遠近図である。この触覚ノブは、例えば、自動車のセンターアームレストの前方部分やセンターコンソールにおいてのように、自動車の中で用いられ得る。図 2 に示される具体例は、十分なトルクを提供するが、しかし、ベルトドライブ伝達のために、実施例 80 よりサイズが大きい。実施例 50 は、図 4 に示されるように、駆動装置に対するノブの下又は後ろの、元々の体積を利用し得る。

【0048】図 4b は、図 3a の実施例 80 又は図 3c

の実施例 130 に対して用いられ得る、組み立てられた筐体の他の例を示す、遠近図である。実施例 80 又は 130 は、実施例 50 に比べて、わずかにより横向きの量を要求する。しかし、図 4b に示されるように、伝達を実施しないので、短い組立てしか要求されない。もちろん、他の状況でノブが他の制御部品である他の実施例では、そのようなボリュームは存在しなかったり、異なった制約が存在し得る。

【0049】

【軸方向のノブの動き】ノブの軸方向の移動や他の操作の実施は、異なったかたちをとる。本発明の一つの形は、モーターシャフトの回転軸に沿って動かされ得るシャフトを有するモーター（又は他の形の駆動装置）を備える。この設計は、カップリングを何ら用いることなく、回転軸に沿ってノブが移動することを可能とするので、本発明の触覚ノブを手助けする。典型的には、もし、このようなノブの動きが要求されると、下に述べられ、図 8 に実施例があるように、高価な軸方向のカップリング装置が、例えば、ベロウ、螺旋状のフレキシブルカップリング、スプラインドキャビティーの内部のスプラインドシャフトが、動くノブとモーターシャフトとの間に提供される。これは、未だモーターにノブに対して回転の力を及ぼすことを可能としながらも、モーターシャフトと関連して、ノブが軸方向に動くことを可能とする。しかしながら、カップリングは、高価で又、システムにバックラッシュやたわみを引き起こし、使用者に対する力の出力のリアリズムを減少させる。かわりに、従来のシステムは、ノブの回転軸に沿ってすべてのモーターが動かすことができた。しかしながら、モーターは、典型的には重くかさばるので（特に、固定子部分は永久磁石を備える）、これは、しばしば効果的ではなかった。

【0050】従来技術のモーター 200 の例は、図 5 の横断面図に示される。一般的な DC ブラシ型のモーターが示されており、それは、モーターの筐体と関連した静止した部分（固定子）と、回転する部分（回転子）とを備えている。モーターの筐体 202 は、典型的には、シリンダー形状で、モーターの固定子に対するサポートを提供し、磁気フラックスガイドとしても機能する。筐体 202 は、筐体の内部で組み合わされる二つの磁石 204 を含み、それらは典型的には筐体の内部の異なった側に提供される。磁石 204 は、典型的には、筐体の中心部に対して、内方向に面し、互いに異なった磁極を有する。例えば、一つの磁石の北面 N は内側に向き、他の磁石の南面 S は内側を向く。回転子のシャフト 206 は、筐体 202 に回転可能に組み合わされ、それによって、回転子は軸 A の回りで回転する子音ができる。例えば、ボールベアリングのようなブッシング 208 は、シャフト 206 を支える。回転子は、幾つものティース 210 に支持させながら接極子をも含んでおり、そしてそれら

は導電性のワイヤーやコイル（示されず）によって覆われている。

【0051】ブラシ型モーターにおいては、シャフト206は、シャフト206の回りに円筒状に位置された、多くの整流子バー212と組み合わせられ、そして、コイルはそれに対して接続されている。ブラシユニット214は、伝導的に整流子バーに組み合わせられており、例えば、ブラシ216は、螺旋又は板バネ218によって整流子バーに対して、バネ荷重がかけられ得る。

【0052】この分野で技術を有するものに対しては、よく知られたように、永久磁石204は、静磁場を生じさせ、回転子のコイルを流れる電流によって生成される種々の電場に対して影響を及ぼす。磁場は、例えば鉄などの鉄的な構造物を用いることによって共通に、固定子及び回転子を通じて方向づけられる。この回転子は、コイルを通じる電流の方向によって決定される方向で、筐体202の中で、軸Aの周りで回転する。シャフト206は、軸Aに沿った回転自由度において固定され、移動することは許されない。

【0053】図6は、本発明のモーター230の例の横断面図である。他の形のモーターや駆動装置も又本発明の特徴を伴って提供されうるが、図5に示すように、DCブラシ型のモーターが示されている。ノブとモーターの間の軸カップリング装置を提供するかわりに、軸コンプライアンスがモーター230の内部に設けられる。

【0054】図5のモーターと似て、モーター230は、筐体232と磁石234とを含んだ整流子を備える。回転子は、軸受筒238によって支持された筐体の中に位置されており、シャフト236と接極子240とを含んでいる。接極子240は、上述のように、ティース242と、コイルとを含んでいる。ティース242は、筐体232の横に平行に位置取られるか、又は、磁場が原因とされる“コギング”効果を低減させるため螺旋配列の中でゆがめられ、回転子が回転させられたとき使用者に伝達される。このようなゆがめられた回転子の実施は、U. S. パテントNo. 6, 050, 718に記述されている。

【0055】モーター230は、回転子と組み合わせられた整流子バー244と、固定子と組み合わせられ、ブラシ248とバネ要素250とを備えるブラシユニット246とを含み、そして、バネ要素は、板バネ、螺旋バネ、たわみや対応した要素のその他の型がある。

【0056】回転子の全体が、本発明の回転の回転軸Bに沿って動かされ得る。そして、シャフト236が軸Bに沿って動くことを可能とし、又シャフトと組み合わせられるノブ（又は、他の使用者が操作する対象物）に対して要求される動きを提供する。この動きを可能とするために、駆動装置の部品の幾つかは、最適化される。整流子バー244／ブラシユニット246と後ろのブラシ238bとの間の間隔は、回転子の動きを可能とするため

に増加させられてきた。幾つかの実施例において（軸方向の伝達の量による）、整流子バー244は、すべての回転子の位置において、ブラシ248と整流子バー244との間の継続的な接触を保証するために、延長される。もし、大きなブラシが用いられると、ブラシ248は、回転子の軸方向の動きをかわりに（追加的に）可能とするために、軸Bに沿って短くされ得る。

【0057】磁石234も又、図6に示されるように延長され得る。例えば、回転子の軸方向の動きのレンジにおいて、すべての位置で、接極子が、磁石234の磁場の中にあるように、示された例の中では、ブラシユニットに向かって延長されている。もし、接極子の比率が、磁石234から外に延長することが許されるなら、トルクや、出力されるトルクの効果の損失が結果として生じる。ブラシ238は、好ましくは、例えばブロンズブッシングのような、高い性能の型のベ어링とされる。それは、シャフト236の軸方向の移動からの摩擦にも関わらず、長期間にわたって、性能を維持し続ける。

【0058】もし、ノブがシャフト236と直接組み合わせられると、回転子の軸方向の動きは、ノブが、モーターの軸Bに対して平行な直線自由度において検知されることを可能とする。更に、トルクは、シャフト236が回転させられることによって直接ノブに出力され、対応したカップリングを用いることなく、使用者に触覚感覚を提供する。加えて、本発明によって要求される市販のモーターに対する変化は、単純であり、高価ではない。そして、本発明のモーターが、容易に製造されることを可能とする。

【0059】他の実施例は、シャフト236が、モーター230の他の部分と関連して、軸方向に動くことが可能となるような他の実施を提供し得る。例えば、シャフト236は、モーターの回転子と固定子との両方に関連して軸方向に移動され得る。そして、グラウンド又は参照表面と関連して静止する。そのような実施例において、シャフト236は、接極子240の中心に提供されるスロットの中で軸方向に動かされ得る。シャフト236が、接極子によって回転させられるように、キーの構造や他の組合せ機構が用いられ得る。例えば、シリンダーシャフトとアパーチャーは、他の部分においてスロットと組み合わせるものの中にキーを提供し得る。又は、他のシャフトの螺旋又は他のマルチサイドクロスセクションは、同様な形のアパーチャーと組み合わせることができる。しかしながら、そのような解決方法は、低いコストの装置の点で、図6に示された具体例ほど望ましいものではない。なぜなら、それらは、存在するモーターに対して、顕著な変更点を要求しないからである。シャフト236のバネの戻り力は、好ましくは、シャフトをのばされた位置に偏らせる。このバネの戻り力は、内部的及び／又は外部的になりうる。例えば、磁気的な特性に由来する磁石に関連して回転子に提供される、元々からある

戻り力がある。バネなどの外部からのコンポーネントも同様に用いられ得る。

【0060】図7は、モーター230と、モーターに組み合わされたノブ26とを備える装置260の横断面図である。例えば、図3aの実施例80は、駆動装置230又は図2の実施例50と共に用いられ得る。モーター230の軸方向の動きの出力シャフト236は、ノブ26と強固に結びつけられている。そして、それによって、ノブ26は、シャフト236が回転させられたとき、回転させられる。ノブ26は、又、軸Bに沿っても移動させられる。示された実施例において、ノブは、示された最上位の位置から合計1.5mmの距離、下方に動かされ得る。他の他の実施例において、他の距離が提供される。

【0061】装置260も又、好ましくは、直線軸において、ノブ26の少なくとも一つの位置で、検知するための一つ又はそれ以上のセンサーを備える。図7の例では、センサーは、ノブ26に対してモーター230の反対の端に位置されたスイッチ262である。このスイッチは、シャフト236が、スイッチを下に押し下げたとき閉じる接触スイッチであり、そしてそれは使用者が必要な距離だけノブ26を押し下げたことによる。このスイッチは、マイクロプロセッサ又は他の制御装置に接続されており、よれにより、いつ使用者が制御された装置の働きに対して、選択や他の影響を及ぼすためにノブを押ししたのかがわかる。スイッチ262は、又、例えば、光センサー、磁気センサー、圧力センサー、他の型のセンサーやスイッチのように、他の型のセンサーやスイッチとして実施され得る。

【0062】他の実施例において、スイッチは、装置260の他の部分に位置され得る。例えば、スイッチ264は、スイッチ262と同様だが、モーター230の筐体の上表面及びノブ26の下側に位置され得る。ノブ26が、使用者によって押されると、ノブのボトムサーフェス266は、スイッチを閉じるためにスイッチ264を接触する。マルチプルスイッチ262及び264も又用いられ得る。例えば、二つのスイッチ264は、モーター230の上表面に位置され得る。他の実施例において、スイッチは、例えばスイッチ265のように他の場所にも位置され得る。

【0063】幾つかの実施例において、軸方向のノブ（又はシャフト）の位置は、連続的なレンジ又はアナログセンサーを用いることによって検知され得る。又、直線上の軸位置は、値、コンピューターが作り出した対象物、他の装置の機能に適切な制御を提供するために、マイクロプロセッサ（又は、他の制御装置）によって、用いられ得る。幾つかの実施例において、軸Bと平行な動きは、例えば、摩擦ローラー駆動装置、直線駆動装置を用いながら、駆動させられ得る。そして、異なった力の感覚は、例えば、ばね、ダンピング、慣性、デテント、

テクスチャー、振動、ジョイント、パルスその他のように、直線自由度において、出力され得る。

【0064】ここで明らかにされた実施例は、回転ノブに関してであるが、他の回転する使用者が操作する対象物は、本発明の移動する駆動装置シャフトと組み合わせられ得る。例えば、ジョイスティック、ステアリングホイール、プールキュー、医療機器、他のグリップは、ノブのかわりに提供される。

【0065】他の実施例において、センサーは、ノブ26の位置の範囲や、軸Bに直線的に沿ったノブ26の継続的な動きを検知するために提供され得る。例えば、ホール効果スイッチは、ノブの上や、接地された磁石に関連したシャフト236の位置を測定するための取り付けられた部品に提供され得る。又は、光センサー（フォトダイオードのような）、他の型のセンサーは、シャフト236及びノブ26の位置を検知し得る。そのような実施例では、軸Bに沿ったノブの位置は、カーソルの位置、機能、制御された装置のセッティングを適切に制御する。例えば、そのような動きは、装置の音声出力の値、ディスプレイを横切るカーソルの動き、車両の中の光の明るさなどを制御し得る。

【0066】バネ部品は、使用者がノブから十分な力を取り除いたとき、元々の位置にノブが偏り、ノブが元の位置の戻り力を提供するために、ノブと接地表面との間に組み合わせられる。

【0067】図8は、ノブの軸方向の動きを可能とする本発明の、ノブインターフェース装置に対する機構の異なった具体例270の遠近図を示す。具体例270は、回転の動きを検知するためのギアを含み、ノブの移動を可能とする。ノブ26は、上記のように、コンピューター装置や電子装置のフロントパネルに位置され得る。ノブは、好ましくは、使用者が電子装置に入力を提供することによって軸Zの回りで回転され得る。他の実施例において、ノブ26は、上記実施例におけるように、例えば、ダイヤル、その他の型のグリップのような、他の制御になりうる。

【0068】ノブ26は、第一シャフト274に強固に組み合わせられ、それは、二つの端の間のシャフトの一部でシャフト274と強固に組み合わせられたギア276を有している。かわりに、ギア276は、ノブ26の回りに位置取られるか、又は直接組み合わせられる。このようにして、使用者がノブ26を回転させたとき、シャフト274とギア276も又回転させられる。シャフト274は、ギア276の他の側から伸び、ねじれカップリング280又は物理的なバネの一端で、強固に組み合わせられている。バネ280は、バネの他端で第二シャフト278と強固に組み合わせられている。

【0069】バネ280は、シャフト274が、シャフト278から離れて、又は向かって動かされることを可能とする（バネが、完全には押し込まれたり、のばされ

たりしていないとき)。このようにして、ノブ26、シャフト274、ギア276は、Z軸に沿って移動させられる。バネによって提供されるバネの力は、ノブ26が自然の又は元々のバネの位置から離れて、Z軸に沿って動かされたとき、ノブ26での、バネによる偏った戻りの原因となる。好ましくは、ガイド(示されず)は、バネ280によって可能とされた、軸Zに対して垂直なあらゆるノブの動きを防止するために、ノブ26の近くに(例えばノブの右後ろのシャフト274に)提供される。そのようなガイドは、装置のフロントパネルの前のアパーチャーをなすことができ、例えば、それを通じてシャフト274が伸びる。物理的な停止は、ノブを移動動作の望ましい範囲内にとどめるために、ノブの直線自由度の中で提供される。

【0070】スプリング280も又、回転動作が、シャフト278とシャフト274との(とこのようにノブ26とギア276)間で移動させられることを可能とする。スプリング280は、好ましくは、円周方向においてリジッドであり、ねじれの自由を許さない。それによって、駆動装置282(下で述べられる)によるシャフト278の回転は、追加の遊びやコンプライアンスなく、できるだけ忠実にシャフト274とノブ26に対して伝えられる。例えば、蛇腹、螺旋自由カップリング、スプラインキャビティーの中のスプラインシャフトなど、回転を伝達することができ、変換を可能とする、螺旋又は他の型のバネ、他のカップリングは、スプリング280に対して用いられ得る。他の実施例においてもなお、スプリング280又は他のカップリングは提供されておらず、図6で上に示された実施例230におけるように、シャフト278は、かわりに、ノブの軸方向の動きを可能とするために、モーターを関連して、軸方向に動かされ得る。他の実施例において、軸Zに沿った動きは、直線自由度において力を出力するために、駆動装置を用いることによって駆動されうる。例えば、直線駆動装置、回転出力が直線方向に変換される回転駆動装置があるそのような駆動装置は、モーター、音声コイル駆動装置、受動ブレーキなどがあげられる。

【0071】他の実施例において、この機構の技術においてはよく知られているが、回転動作がシャフト278からシャフト274へ伝わることを可能とするものの、安定した動きを可能とする、シャフト274とシャフト278との間の他のカップリングが用いられ得る。幾つかの実施例において、ギア276自身は、カップリングとして作用し、又シャフト278がギア276とシャフト274に関連して、望ましい距離を動くことが可能となるような、十分な長さ(Z軸と平行)となり得る。例えば、中心ギアオープニングのような、カップリングの内部は、回転動作を伝達している間、変換動作が可能となるように、歯をシャフト278に組み合わせるようになり、ギア歯又は他の構造を含み得る。

【0072】シャフト278は、接地された駆動装置282に強固に組み合わせられ、それは、シャフト278に回転の力と、それによるノブ26の回転の力とを出力することが可能なように、操作される。駆動装置282は、力を提供し、そしてそれは、マイクロプロセッサや他の制御装置を備える、コンピューター装置からの制御信号に基づいて、コンピューター変調される。駆動装置282は、例えば、DCモーター、音声コイル駆動装置、他の型のモーターなどの能動的駆動装置となり得る。又は、駆動装置は、例えば、ブレーキ、受動的流動的駆動装置のような、受動的駆動装置ともなり得る。下記のように、力の感覚の多様性は、ノブに出力され得る。

【0073】エンコーダーギア290は、接地された表面に、回転可能に組み合わせられ、ギア276の隣に位置される。エンコーダーギア290は、ギア276の歯に組み合わせられた、ギア歯を含み、それによって、ギア276の回転動作は、軸Aの周りで、エンコーダーギア290の回転の原因となる。幾つかの実施例において、他の伝達装置が、シャフト274からシャフト292に回転を伝達するために用いられ得る。例えば、摩擦伝達システムが用いられ得る。最も好ましくは、もし、それが摩擦の中の二つの要素の変換を可能とするのであれば、このように、堅いラバー又は同様の物質が用いられ得る。かわりに、ベルトドライブ伝達が用いられ、そこでは、エンコーダーギア290のかわりに小さなブリーが、ギア276の替わりの大きなブリーから少し離れたところに位置され、ベルトは、それらのブリーの間で輪を形成されている。Oリング型のベルトは、小さなブリーに関連した大きなブリーの変換が、ベルトドライブの動作を混乱させないように、用いられ得る。

【0074】エンコーダーシャフト292は、強固に、グラウンドとエンコーダーギア290に組み合わせられ、エンコーダーギアを通じて伸びる。センサー293は、ギア290の回転動作を検知し、そしてギア276とノブ26との回転(ギア276の回転は、使用者及び/又は駆動装置282による)を検知するために、エンコーダーギアと組み合わせられる。センサー293は、ギア290そしてノブ26の関連した動きを示すマイクロ制御装置に一つ又はそれ以上の信号を提供する。センサー293はコードホイール294を含み、それは、シャフト292と強固に組み合わせられ、そして、ギア290と関連して回転する。センサー293は、接地されたエミッター/ディテクターの組立て部品296をも含み、そして、組立て部品296の少なくとも一つのエミッターと、少なくとも一つディテクターの間で、ホイール294の端が回転するように、位置づけられる。ホイールは、スロットとマーキングとを含み、それは、エミッター/ディテクターを通過するとき、検知され得る。この型の光エンコーダーは、この技術において、技術を有す

る者に対してはよく知られている。より好ましい実施例において、二つ又はそれ以上の検知器は、動きの方向が検知されることを可能としながら、求積又は同様の検知が可能となるように、組立て部品296の中に提供される。ホイール又はシャフトの動きを検知することができるセンサーの他の型は、例えば、アナログポテンシオメーターのように、かわりに用いられ得る。

【0075】ノブが変換させられたとき、ギア276とエンコーダーギア290は、互いに関連しあいながら変換させられる。例えば、記載された実施例において、ギア276は、動かされ、Z軸に沿って接地されるエンコーダーギア290を関連してスライドする。この組み合わせられた二つのギアの歯は、ギアが変換されることを可能とするが、又、回転動作が、一つのギアから他のギアに伝達されることをも可能とする（両方のギアの歯の、Z軸の長さ部分が、少なくとも組み合わせられている場合には）。これは、センサー293が、ノブ26と関連して接地され、未だ、ノブ26の回転を測定することを可能とする。

【0076】好ましくは、使用者は、センサーを有効にし、ボタン又はアクティベーション信号を入力するために、駆動装置282に対してノブ26を押すことができる。この特徴を可能とするために、記載された実施例において、例えばコンタクト297のような電子スイッチが、ノブ26又はギア276の経路に提供される。例えば、コンタクト297は、グラウンドに組み合わせられており、そして、ノブ26がコンタクト297と組合せられそしてそれを押したとき、他のコンタクトに対して押し込まれる。これは、コントローリングマイクロメーターや他の回路に信号を送る。このようにして、使用者は、コンタクト信号を有効するためにノブ26を押し、それによって、電子デバイスに対しての選択の入力や、電子デバイスに対して他の入力提供をなすことができる。

【0077】他の実施例において、他の型のセンサーは、軸Zに沿った直線自由度におけるノブの詳細な位置を検知するために、又は、Z軸に沿った継続的な直線の動きを検知するために用いられ得る。例えば、光センサーは、ディテクターストリップによって検知されるビームを出力したり反射するノブの（又はギア又はシャフト274）の範囲やポイントの詳細な位置を検知するために、ノブの動きと平行なディテクターストリップを用いることができる。

【0078】図9は、本発明のノブによって制御される装置と共に用いるのに好適な、エレクトロメカニカルシステム300を示しているブロックダイアグラムである。多くの下部部品を備える触覚感覚のフィードバックシステムは、パテントナンバー5,734,373に詳細に記述されており、そのままの形で、ここに参照されることによって、組み込まれる。

【0079】一つの実施例において、制御された装置は、ローカルマイクロプロセッサ302、ローカルクロック304、ローカルメモリー306、センサーインターフェース308、駆動装置インターフェース310を有する電子部分を備える。

【0080】ローカルマイクロプロセッサ302は、装置に対して“ローカル”と考えられており、ここでは、“ローカル”は、コントローリングホストコンピューター（下記参照）の中のような、その他のマイクロプロセッサから離れたマイクロプロセッサであるプロセッサ302を表している。又、ノブ26に対するセンサー1/Oや力のフィードバックに特化されているプロセッサ302を表している。力のフィードバックの実施例において、マイクロプロセッサ302は、センサーの信号を読み込み、ホストの命令に基づいて選択された力のプロセス、タイム信号、センサー信号から適切な力を計算し、駆動装置に適切な制御信号を出力する。ローカルプロセッサ302として用いるのに対して好適なマイクロプロセッサは、例えば、インテルの8X930AX、モトローラのMC68HC711E9、マイクロチップのPIC16C74を備える。マイクロプロセッサ302は、一つのマイクロプロセッサチップ、複数のプロセッサ、及び/又はコプロセッサチップを含み、デジタル信号プロセッサ（DSP）を含み得る。又、セパレート制御装置は、速度、加速度、及び/又は他の力に関連したデータの計算に特化して提供される。その他、固定されたデジタルロジック及び/又はステイトマシンは、同様の機能を提供するために用いられ得る。

【0081】ローカルクロック304は、例えば、駆動装置316によって出力される力を演算するためなど、タイミングデータを提供するために、マイクロプロセッサ302と組み合わせられ得る。RAM及び/又はROMのようなローカルメモリー306は、好ましくは、マイクロプロセッサ302に対する指令、現在のデータを蓄えるために、マイクロプロセッサ302に組み合わせられる。ディスプレイ14は、幾つかの実施例において、ローカルマイクロプロセッサ302と組み合わせられ得る。その他、異なったマイクロプロセッサや他の制御装置は、ディスプレイ14に対する出力を制御し得る。

【0082】センサーインターフェース308は、センサー信号を、マイクロプロセッサ302によって解釈され得る信号に変換することができるように、選択的に含められ得る。例えば、センサーインターフェース308は、エンコーダーなどのデジタルセンサー型の信号を受け取り、その信号をデジタルの二進数に変換することができる。アナログデジタルコンバーター（ADC）も又用いられ得る。その他、マイクロプロセッサ302は、これらのインターフェース機能の作用も示す。駆動

装置インターフェース 310 は、マクロプロセッサ 302 からの信号を、駆動装置をさせるのに適切な信号に変換するために、駆動装置とマイクロプロセッサ 302 との間に、選択的に接続され得る。駆動装置インターフェース 310 は、力の増幅器、スイッチ、デジタルアナログ制御装置 (DACs)、その他の部品を含み得る。他の実施例において、アクチュエーターインターフェース 310 回路は、マイクロプロセッサ 302 の内部又は駆動装置の内部に提供される。電源 312 は、電子的な力を提供し、又は力は駆動装置 316 及びその他の部品に、インターフェースバスによって提供され得る。

【0083】システムのメカニカル部分は、上記の様に、ノブ 26 の回転の動き、ノブ 26 の交軸方向の動き、ノブ 26 の押す及び／又は引く動き、ノブのこれらの自由度のうちの幾つか又はすべてにおいての接触フィードバックのために必要な部品のすべて又は幾つかを含み得る。センサー 314 は、自由度の一つ又はそれ以上に沿ったノブ 26 の位置、動き及び／又は他の特性を検知し、そして、それらの特性の代表する情報を含みながら、マイクロプロセッサ 302 に信号を提供する。典型的には、センサー 314 は、ノブ 26 が沿って動かされ得る各々の自由度に対して提供され、又は、シングルコンパウンドセンサーは、複数の自由度に対して用いられ得る。望ましいセンサーの例は、光エンコーダー、ポテンシオメーターのようなアナログセンサー、ホール効果磁気センサー、横方向の効果のある光ダイオードなどの光センサー、タコメーター、加速度計を備える。絶対的な又は相対的なセンサーも用いられ得る。

【0084】力のフィードバックを備えるあれらの実施例において、駆動装置 316 は、マイクロプロセッサ 302 や他の電子ロジック又は装置、すなわち、“電子的に制御された”もの、によって出力された信号に対応して、回転自由度における一つ又はそれ以上の方向において、ノブに力を伝達する。駆動装置 316 は、電子的に変調された力を提供し、それは、マイクロプロセッサ 302 又は他の電子装置は、力のアプリケーションを制御することを意味する。典型的には、一つ又はそれ以上の駆動装置 316 は、力のフィードバック機能を備える各々のノブ 26 に対して提供される。幾つかの実施例において、追加的な駆動装置は、例えば、ノブ 26 の交軸方向の動き及び／又はノブの押す又は引く動きのような、ノブ 26 の他の自由度に対しても提供される。駆動装置 316 は、例えば、DC モーター、リニアカレント制御モーター、ステッパモーター、空気／湿度アクティブ駆動装置、トルク計（限られた狭い範囲のモーター）、音声コイル駆動装置、その他のような能動的な駆動装置となり得る。受動的な駆動装置も又用いられ、磁気パーティクルブレーキ、フリクションブレーキ、空気／湿度受動駆動装置を含み、又動きの度合いにおいて、

ダンピングレジスタンスや摩擦を生じる。

【0085】機構 318 は、センサー 314 によって読みとられる形に、ノブ 26 の動きを変換するために、又、力のフィードバックを備える実施例においては、力を駆動装置 316 からノブ 26 に伝達するために、用いられる。機構 318 の例は、上に示されている。又、ベルトドライブ、ギアドライブ、キャブスタンドライブ機構などの駆動機構は、駆動装置 316 によって出力される力に対して、メカニカルな優位性を提供するために用いられる。

【0086】他の出力装置 230 は、入力信号をマイクロプロセッサ 302 に送るために、含められ得る。そのような入力装置は、パネルから制御された装置への入力を補助するために用いられるボタンや他の制御を備える。又、ダイヤル、スイッチ、音声認識ハードウェア（例えば、マイクロプロセッサ 302 によって実行されたソフトを伴ったマイクロフォン）、他の入力機構も又、マイクロプロセッサ 302 又は駆動装置 316 に対して入力を提供するために含められる。デッドマンスイッチ 322 は、幾つかの実施例において、使用者がノブに触れていないときに、ノブがそれ自身において回転することを防止するために、使用者がノブに触れていないときに、出力を中止させる力の原因となるようにノブの上又は近くに備えられる。

【0087】他のマイクロプロセッサ 324 は、幾つかの実施例において、ローカルマイクロプロセッサ 302 と連絡を持つために、備えられる。マイクロプロセッサ 302 と 324 は、好ましくは、双方向のバス 326 によって共に組み合わせられる。追加的な電子部品は、バス 326 の標準プロトコルを通じて連絡を持つために備えられる。これらの部品は、装置又は他の接続された装置の中に備えられる。バス 326 は、異なったコミュニケーションバスのあらゆる種類が可能である。例えば、双方向シリアル／パラレルバス、ワイヤレスリンク、ネットワークアーキテクチャー（例えば CAN バス）、単一方向バスが用いられる。

【0088】他のマイクロプロセッサ 324 は、操作や機能を制御装置と調和させる、異なった装置やシステムに分離したマイクロプロセッサとなり得る。例えば、他のマイクロプロセッサ 324 は、車両や家屋における分離した制御サブシステムに提供され得る。ここでは、他のマイクロプロセッサは、車や家の温度システム、機械的な部品の位置（車のミラー、シート、ガレージドア、その他）、多様なシステムからの情報を表示する中央ディスプレイ装置を制御する。又は、他のマイクロプロセッサ 324 は、制御装置を備える多くのシステムに対する集中化された制御装置となり得る。二つのマイクロプロセッサ 302 と 324 は、必要に応じて、種々のシステムの制御、使用者への事件の注意の出力その他を促進するために、情報を交換する。例えば、

もし他のマイクロプロセッサ324が、車両がオーバーヒートしていると判断すると、他のマイクロプロセッサ324は、この情報をローカルマイクロプロセッサ302に伝達し、そしてこれは、使用者に注意をするために、ディスプレイ14に特定の表示を出力する。又は、もし、ノブ26が、異なった制御のモードが許されたばあい、他のマイクロプロセッサ324は、異なったモードの制御ができる。このように、もしノブ26が、温度制御と同様に、オーディオステレオ出力の両方を制御することができる場合、ローカルマイクロプロセッサ302は、音声機能を司ることができしかし、装置が温度制御モードにあるときは、温度システムの調整を制御するために、すべてのノブセンサーのデータを他のマイクロプロセッサ324に流すことができる。

【0089】他の実施例において、他のマイクロプロセッサ224は、ホストマイクロプロセッサとなり得る。例えば、ホストのコマンドをローカルマイクロプロセッサに送信することによって、ローカルマイクロプロセッサ202に、力の感覚を出力するように命じることができる。ホストマイクロプロセッサは、単一のプロセッサとなることができ、又は、例えば、パーソナルコンピューター、ワークステーション、ビデオゲームコンソール、ポータブルコンピューター、他のコンピューティングやディスプレイ装置、セットトップボックス、“ネットワークコンピューター”、その他のコンピューターの中に提供される。マイクロプロセッサ224に加えて、ホストコンピューターは、ランダムアクセスメモリー(RAM)、リードオンリーメモリー(ROM)、入力/出力(I/O)回路、この技術において技術を有する者に対してはよく知られた他のコンピューター部品を備えることができる。ホストプロセッサは、ノブ26及び/又は他の制御及び周辺機器を用いることによって、使用者が相互作用を及ぼすホストアプリケーションプログラムを実行することができる。ホストアプリケーションプログラムは、ノブの交軸方向の動き、押したり引いたりする動き、ノブの回転などのノブ26からの信号に対して反応させられることができる(例えば、ノブ26は、例えば、ゲームパッド、ジョイスティック、ステアリングホイール、ホストコンピューターに接続されたマウスなどのインターフェース装置、ゲームの制御装置に提供される。)。力のフィードバックの実施例において、ホストアプリケーションプログラムは、ローカルマイクロプロセッサ202及びノブ26に対して、力のフィードバックコマンドを出力することができる。ホストプロセッサの実施例又は他の同様な実施例において、マイクロプロセッサ202は、ホストコンピューターからの命令や要求を待ったり、命令や要求を解析/解読したり、命令や要求に従って入力や出力の信号を扱ったり/制御するためのソフトウェアの指図を伴って提供される。

【0090】例えば、一つの力のフィードバックの実施例において、ホストマイクロプロセッサ324は、バス326をこえて、低いレベルの力の命令を提供することができ、マイクロプロセッサ302は直接、その命令を駆動装置に伝達する。異なった力のフィードバックのローカル制御の実施例では、ホストマイクロプロセッサ324は、バス326をこえて、マイクロプロセッサ302に、高いレベルの管理命令を提供する。又、マイクロプロセッサ302は、高いレベルの命令に従いながら、そしてホストコンピューターから独立して、センサーと駆動装置に対する低いレベルの力の制御ループを制御することができる。ローカル制御の実施例において、マイクロプロセッサ302は、“力のプロセス”の指図に従うことによって、適切な駆動装置への信号出力を決定するために、独立してセンサー信号を処理することができる。そして、かかるプロセスは、ローカルメモリー306の中に蓄えられ、又、演算の指図、公式、力の強さ(力のプロフィール)、及び/又はデータを備える。力のプロセスは、特許5,734,373により詳細が記述されているように、表示された対象物の間でのシミュレートされた相互作用、揺れ動き、テクスチャー、振動などの、明確な力の感覚を命令することができる。

【0091】他の実施例において、ローカルプロセッサ302は、インターフェース装置の中に含まれるものではなく、マイクロプロセッサ324のようなリモートマイクロプロセッサは、インターフェース装置の部品への及びからのすべての信号を制御し処理することができる。又は、ハードウェアに組み込まれたデジタルロジックは、ノブ26に対するあらゆる入力/出力機能をなすことができる。

【0092】本発明は、幾つかの好ましい具体例から記述されてきたが、本発明の射程に中にある並び替え、置換、変換その他がある。上述された実施例は、望まれる実施において、種々の方法で、混ぜ合わせられ得ることをも又留意されるべきである。更に、ある専門用語は、記述的な明確さの目的で用いられ、本発明を限定するものではない。それ故、次に付け加えられる請求項は、かかる変換、置換、並び替えなど、本発明の真の精神、射程の中にあるものをも備える意図である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる制御ノブを備える装置の一実施例の遠近図。

【図2】本発明にかかる制御ノブ装置を実施するための機構の一実施例の遠近図。

【図3a】本発明にかかる制御ノブ装置を実施するための機構の第二の実施例の遠近図。

【図3b】本発明の制御ノブの実施例に用いられるゲートとプランジャーの機構の遠近図。

【図3c】本発明にかかる制御ノブ装置を実施するため

の機構の第三の実施例の遠近図。

【図4 a】筐体に納められた制御ノブ装置の遠近図。

【図4 b】筐体に納められた制御ノブ装置の遠近図。

【図5】従来技術のモーターと内部の部品の断面図。

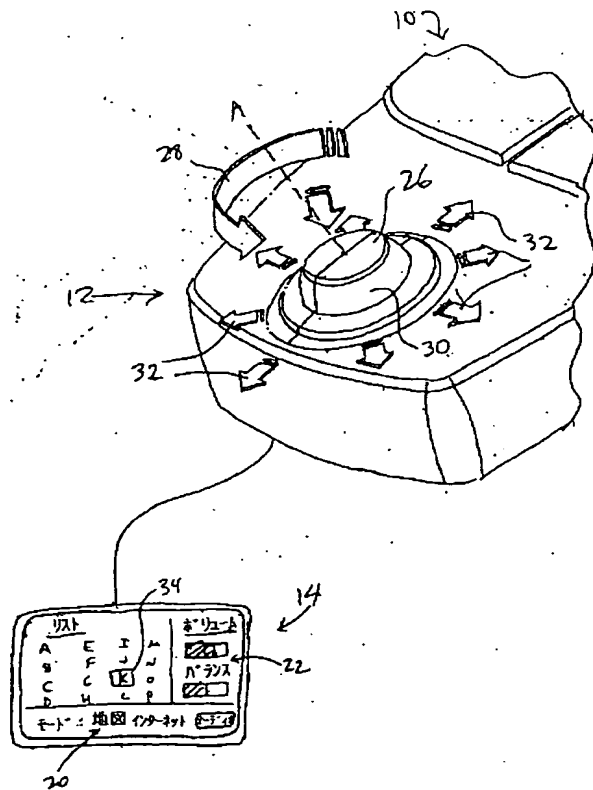
【図6】モーターのシャフトが軸方向に可動な本発明にかかるモーターの断面図。

【図7】図6のモーターとノブとノブの軸方向の動きを検知するスイッチの断面図。

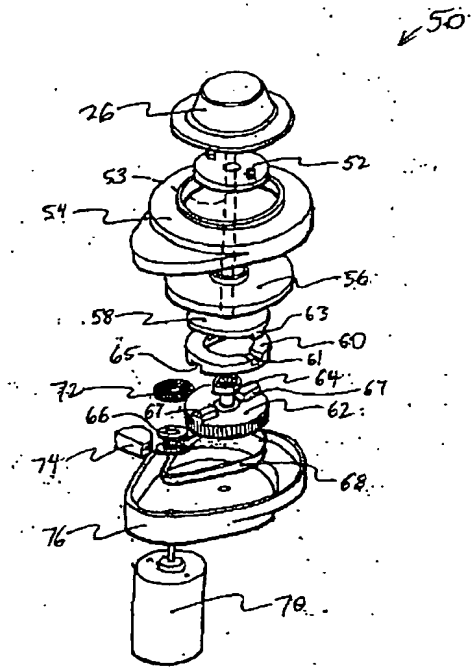
【図8】ノブを軸方向の可動とするギアトランスミッションを提供する制御装置の遠近図。

【図9】本発明の制御装置に対する制御システムのブロックダイヤグラム。

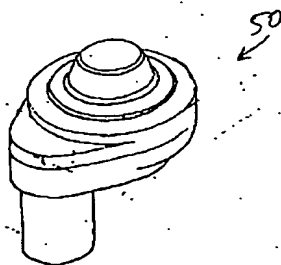
【図1】



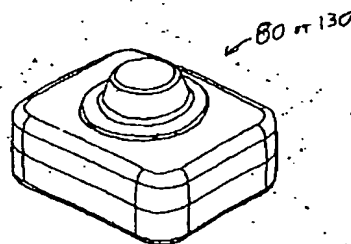
【図2】



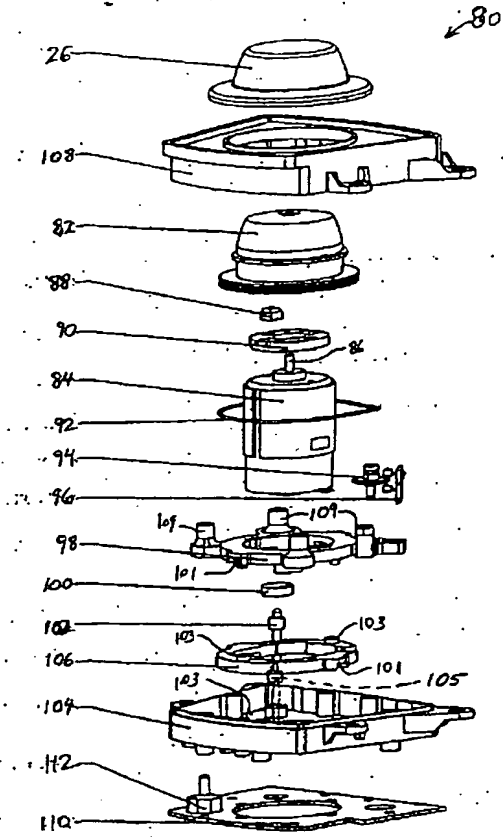
【図4 a】



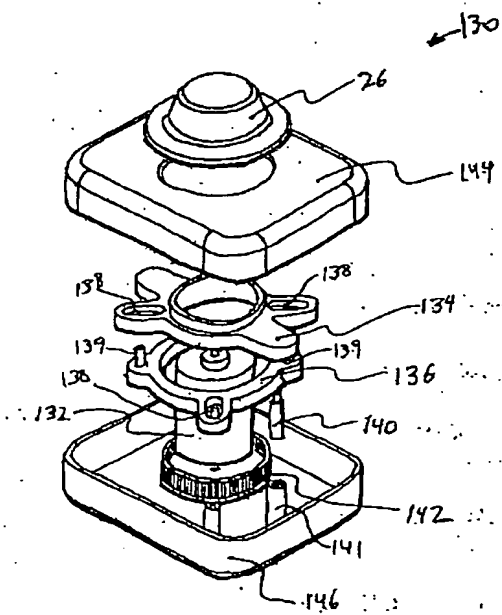
【図4 b】



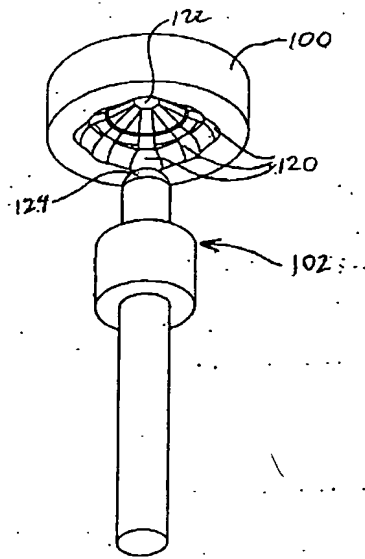
【図 3 a】



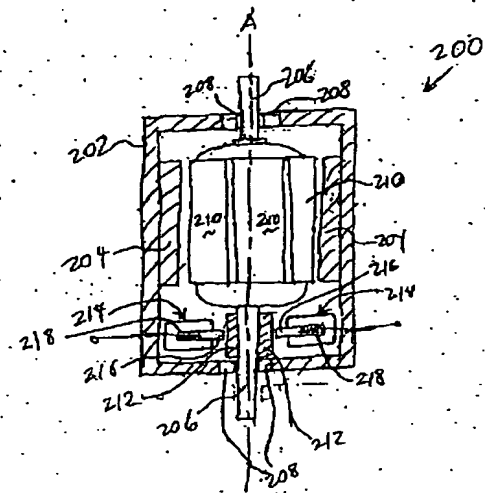
【図 3 c】



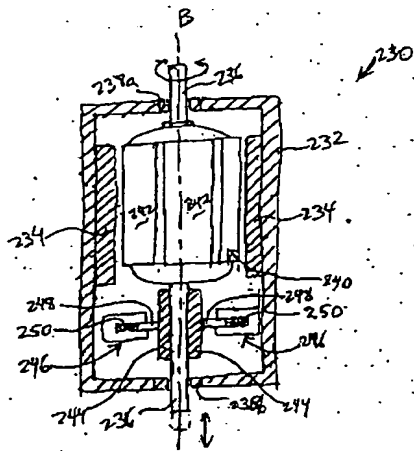
【図 3 b】



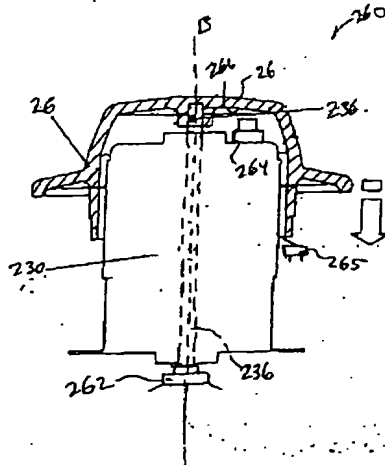
【図 5】



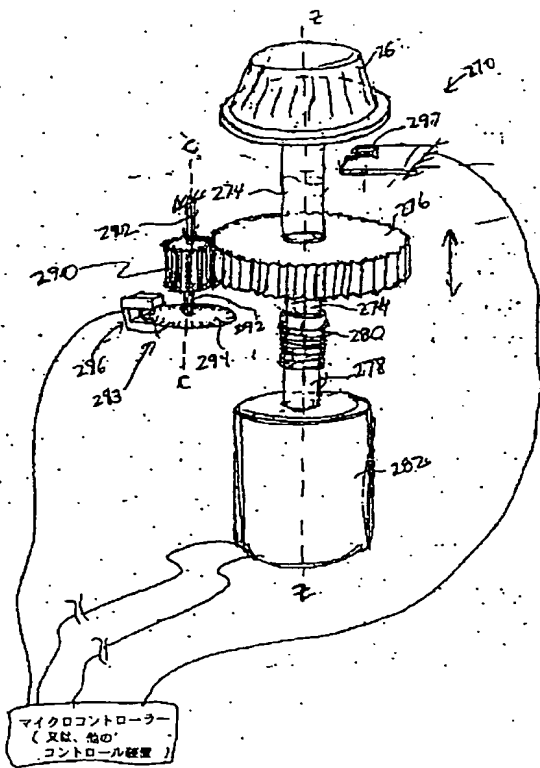
【図6】



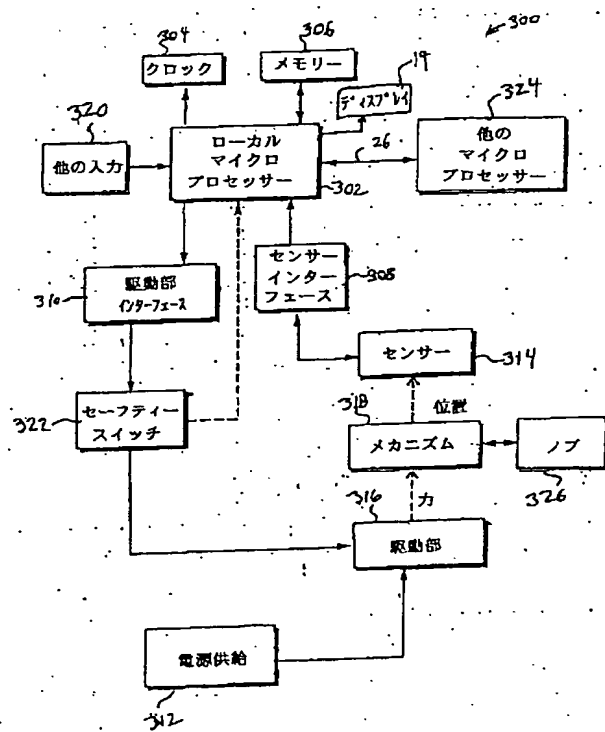
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 レヴィン、マイケル ディー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94087 サニーヴェール ナンバー506 イ
ースト エル カミノ リアル 870

(72)発明者 マーティン、ケニス エム
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94306 パロ アルト スザンヌ ドライ
ブ 4240